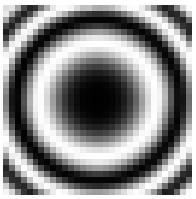
COSAC



Calculs
Optiques
Simplifiés pour
Analyse de
Combinaisons

Mode d'emploi détaillé (vol.2)

Version 2.9.2

"COSAC pour les nigauds confirmés"

Auteur : François Hénault – 1er décembre 2014

1. INTRODUCTION 3

2. DEFINITION DU SYSTEME OPTIQUE 4

2.1 Définition de masques 5

2.2 Introduction de défauts de phase sur les surfaces optiques 18
2.2.1 Opérations préliminaires sur les fichiers-défauts 18
2.2.2 Introduction des fichiers-défauts dans COSAC 21
2.2.3 Options de calcul 26
2.2.4 Utilisation de fonctions analytiques 27

2.3 Introduction d'apodisations sur les surfaces optiques 29

2.4 Surfaces spéciales 33

2.5 Changements de repère asservis 39

2.6 Tracé de rayon non-séquentiel 44
2.6.1 Cas général 44
2.6.2 Zone de trame 49

2.7 Voies multiples 54

3. MODES DE FONCTIONNEMENT 57

4. INSTRUCTIONS DE SORTIE 67

4.1 Instructions générales 67

4.2 Calculs photométriques 71

4.3 Diffraction de Fresnel 84

5. MANIPULATIONS DE FICHIERS EXTERNES 89

5.1 Fichiers de calcul COSAC 90

5.2 Fichiers construits par l'utilisateur 92

6. MACRO-INSTRUCTIONS 96

6.1 Exécutions en boucle 99

6.2 Procédure d'optimisation 100

6.3 Manipulation du tableau-mémoire interne 106

6.4 Manipulation des tableaux de résultats 107

7. DICTIONNAIRE DES MOTS-CLE 109

1. INTRODUCTION

Ce document contient la description détaillée des instructions les moins courantes (et donc destinées aux utilisateurs vaccinés) du logiciel de tracé de rayons COSAC. Il est composé des chapitres suivants:

- Le **chapitre 2** complète les instructions définissant les surfaces optiques, ainsi que certaines de leurs propriétés. On y verra notamment comment associer des défauts optiques ou des cartes de transmission aux surfaces optiques, des composants optiques préconstruits, (surfaces "spéciales"), et les modes de calcul non-séquentiel ou multivoies interférométriques.

- Le **chapitre 3** traite des "modes de fonctionnement" de COSAC, c'est-à-dire de la manière dont il effectue certains calculs, et comment modifier les modes par défaut s'ils ne donnent pas de résultats satisfaisants.

- Le **chapitre 4** décrit quelques instructions de sortie "évoluées" non décrites dans le volume 1, principalement applicables aux sources étendues (voir le mot-clé SOURCE, **vol. 1**) et aux calculs de diffraction de Fresnel.

- Le **chapitre 5** explique la manière de sauvegarder et de manipuler certains résultats de calcul dans des fichiers de données externes, que l'on pourra ensuite traiter à l'aide d'autres programmes (voir le schéma général des interfaces logiciel dans la **Présentation générale**, qui reste pleinement valable ici).

- Le **chapitre 6** traite des "macro-instructions", dont le principal intérêt est de pouvoir programmer des suites d'exécutions du logiciel "en rafale".

- Enfin, le **chapitre 7** donne un répertoire des différentes instructions (ou mots-clé) décrites dans ce volume.

Viennent pour finir quelques "Annexes" plus ou moins roboratives.

ATTENTION

Avant d'aller plus loin, vous devez absolument avoir lu la **Présentation générale** du logiciel, et son **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**, également appelé "COSAC pour les nigauds". En d'autres termes, vous devez déjà maîtriser les conventions de calcul, d'écriture, et les principales instructions (ou mots-clé) des fichiers d'entrée ***.dat***. Sinon, bonne chance…

2. DEFINITION DU SYSTEME OPTIQUE

Vous trouverez dans ce chapitre des instructions complémentaires à celles du volume 1, qui serviront notamment à :

- Définir de nouveau masques ou diaphragmes à placer sur les surfaces optiques, en complément de ceux définis dans le volume 1.
- Définir des défauts de surface (par exemple de polissage) ou de phase sur les surfaces optiques (DEFFIC ou PHAFIC), voir § 2.2.
- Définir des apodisations sur les surfaces optiques (APODIE ou APODIA), voir § 2.3.
- Définir rapidement des surfaces optiques ou mécaniques plus complexes que celles du volume 1: lentille mince fictive (LENTIL), araignée de support (NPODE), miroirs coniques hors d'axe (MIRHAX), coins et creux de cube (CRCUB), guides d'onde et concentrateurs CPC (GUIDE), etc… Voir § 2.4.
- Définir des changements de repère asservis sur le Soleil, voir § 2.5.
- Définir une zone de tracé de rayons non-séquentiel, voir § 2.6.
- Définir des voies multiples au sein d'un même système optique (indispensable pour la modélisation d'un interféromètre), voir § 2.7.

2.1 DEFINITION DE MASQUES

En complément des masques déjà définis dans le volume 1 (§ 4.1.2), vous en trouverez de nouveaux dans les pages suivantes, de formes plus complexes mais parfois bien utiles. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous.

MOTS-CLES MASQUES	DESCRIPTION	Numéro	Voir volume	Autorisé pour définition de pupille, apodisations, et zone de trame
RECTAN	Place un masque rectangulaire sur une surface	1	Vol. 1	X
ELLIPS	Place un masque elliptique sur une surface	2	Vol. 1	X
ANNEAU	Place un masque annulaire sur une surface	3	Vol. 1	X
CERCLE	Place un masque circulaire sur une surface	4	Vol. 1	X
TRAPEZ	Place un masque trapézoïdal sur une surface	5	Vol. 2	
TROUEL	Place un cadre elliptique sur une surface	6	Vol. 2	
RECTAR	Place un masque rectangulaire arrondi sur une surface	7	Vol. 2	X
ANNSEC	Place une section de masque annulaire sur une surface	8	Vol. 2	
TRIANG	Place un masque triangulaire sur une surface	9	Vol. 2	
RECELL	Place un masque rectangulaire elliptique sur une surface	10	Vol. 2	X
CADRE	Place un cadre rectangulaire sur une surface	11	Vol. 2	
POLYG	Place un masque polygonal sur une surface	12	Vol. 2	X
RECTRO	Place un masque rectangulaire tronqué par un cercle sur une surface	13	Vol. 2	
CMALTE	Place un masque en forme de croix de Malte sur une surface	14	Vol. 2	X
ARAIGN	Place un masque en forme d'araignée sur une surface	15	Vol. 1	X
DAMIER	Place un masque en forme de damier sur une surface	16	Vol. 2	X
OEIL	Place un double masque annulaire sur une surface	17	Vol. 2	

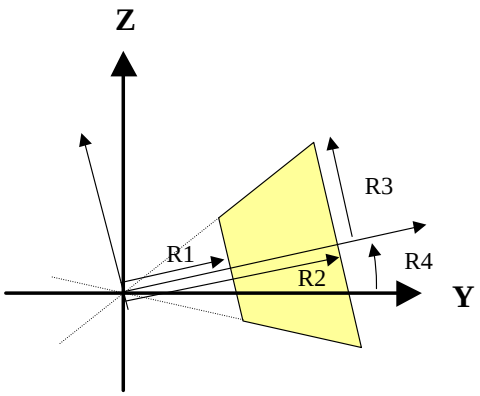
MOT-CLE **TRAPEZ**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/5

ROLE Sur une surface, définit une zone trapézoïdale à l'extérieur ou à l'intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. Les axes du trapèze sont parallèles aux axes Y' et Z' déduits des axes Y et Z par une rotation autour de l'axe optique X (voir schéma ci-dessous).

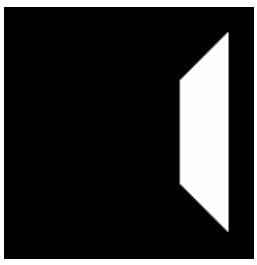
SYNTAXE **>TRAPEZ I1 R1 R2 R3 R4**

PARAMETRES
I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l'extérieur du trapèze. Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur. Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Cote en Y' du petit côté du trapèze parallèle à Z' (mm).
R2 Cote en Y' du grand côté du trapèze parallèle à Z' (mm).
R3 Demi-longueur du grand côté du trapèze (mm).
R4 Angle de rotation entre les axes Y et Y' (degrés).



EXEMPLE **>TRAPEZ 1 10. 20. 20. 0.**

Le seul exemple d'utilisation de ce masque est pour l'instant celui d'un miroir pyramidal à 4 faces percé en son centre (voir **Mode d'emploi, vol. 2**, instruction PYRAM4. Dans ce cas, les valeurs des paramètres du trapèze sont pré-calculées par le sous-programme).



EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES 1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

MOT-CLE **TROUEL**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/6

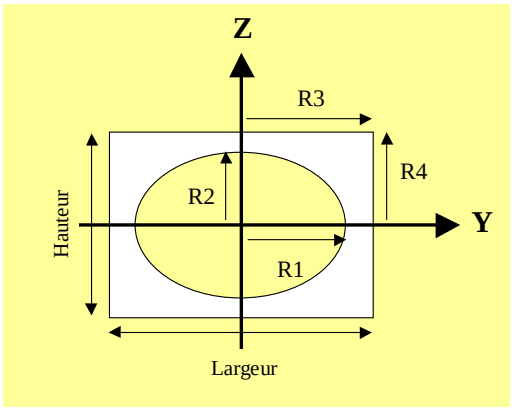
ROLE

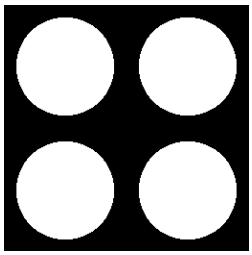
Sur une surface, définit une zone elliptique à l'intérieur de laquelle les rayons peuvent passer, et un cadre rectangulaire à l'extérieur duquel ils passent également. Les axes du masque sont parallèles aux axes Y et Z (voir schéma ci-dessous). On peut également obtenir le "négatif" de ce masque à l'aide du paramètre I1.

SYNTAXE **>TROUEL I1 R1 R2 R3 R4**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située entre l'ellipse intérieure et le rectangle extérieur. Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur de l'ellipse intérieure et à l'extérieur du rectangle extérieur (vous suivez ?). Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-axe de l'ellipse intérieure suivant Y (mm).
R2 Demi-axe de l'ellipse intérieure suivant Z (mm).
R3 Demi-largeur du rectangle extérieur suivant Y (mm).
R4 Demi-largeur du rectangle extérieur suivant Z (mm).





EXEMPLE **>TROUEL 1 3.955 3.955 5.84 5.84**

Il s'agit ici d'un trou de diamètre 7.91 mm, percé dans un carré de 11.68 mm de côté. En juxtaposant quatre de ces masques (décalés de 11.68 mm en Y et en Z) et en leur associant un masque carré de 23.36 mm, on peut recréer le diaphragme de champ de l'instrument IASI (constitué de 2x2 pixels de 7.91 mm de diamètre).

Plus généralement, la juxtaposition de plusieurs de ces masques cote à cote permet de définir une grille d'ouvertures (par exemple, une matrice de micro-lentilles), sans être obligé d'utiliser le mode de calcul non-séquentiel.

EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

MOT-CLE **RECTAR**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/7

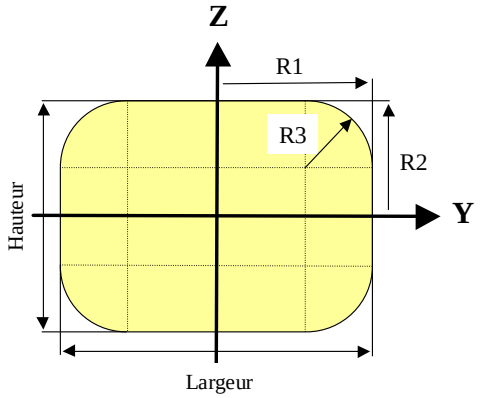
ROLE

Sur une surface, définit une zone rectangulaire à bords arrondis à l'extérieur ou à l'intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. Les côtés du rectangle sont parallèles aux axes Y et Z (voir schéma ci-dessous).

SYNTAXE **>RECTAR I1 R1 R2 R3**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l'extérieur du rectangle (elle représente les limites de la surface). Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur du rectangle (c'est une obturation centrale). Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-largeur du rectangle suivant Y (mm).
R2 Demi-largeur du rectangle suivant Z (mm).
R3 Rayon de courbure des 4 arrondis aux coins du rectangle (mm).



EXEMPLE **>RECTAR 1 20. 20. 20.**

Dans cet exemple précis, le "rectangle à bords arrondis" se réduit à un cercle de 40 mm de diamètre. Bien sûr, vous aviez compris.

EMPLACEMENT Après PUPILL, MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX, TRAME.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC, APODIE.
3) Masque autorisé pour PUPILL, l'entier I1 étant alors pris automatiquement positif.

MOT-CLE **ANNSEC**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/8

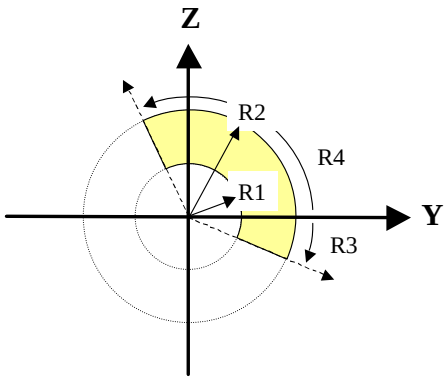
ROLE

Sur une surface, définit une zone annulaire sectionnée, à l'extérieur ou à l'intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. La zone est définie par les rayons intérieur et extérieur de l'anneau, et par ses angles polaires minimum et maximum (voir schéma ci-dessous).

SYNTAXE **>ANNSEC I1 R1 R2 R3 R4**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l'extérieur de l'anneau sectionné. Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur. Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Rayon du cercle intérieur (mm).
R2 Rayon du cercle extérieur (mm).
R3 Angle polaire minimum (en degrés, compris entre –180 et +180).
R4 Angle polaire maximum (en degrés, compris entre –180 et +180).



EXEMPLE **>ANNSEC 1 0. 20. 0. 360.**

Dans cet exemple précis, "l'anneau sectionné" se réduit à un cercle de 40 mm de diamètre, comme précédemment. Bien sûr, vous aviez compris, là aussi.

EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

MOT-CLE **TRIANG**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/9

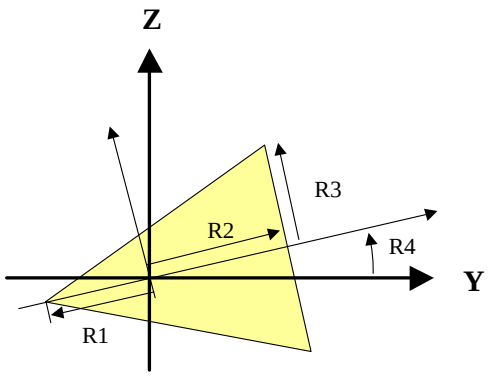
ROLE

Sur une surface, définit une zone triangulaire à l'extérieur ou à l'intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. L'axe de symétrie du triangle est parallèle à un axe Y' déduit de l'axe Y par une rotation autour de l'axe optique X (voir schéma ci-dessous).

SYNTAXE **>TRIANG I1 R1 R2 R3 R4**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l'extérieur du triangle. Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur. Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Cote en Y' du sommet du triangle (mm).
R2 Cote en Y' de la base du triangle (mm).
R3 Demi-longueur de la base du triangle (mm).
R4 Angle de rotation entre les axes Y et Y' (degrés).



EXEMPLE **>TRIANG 1 -90. 45. 77.9423 -90.**

Il s'agît ici d'un triangle équilatéral de 155.8846 mm de côté, dont le centre de gravité est situé sur l'axe optique, tel qu'utilisé dans le fichier ***test10.dat*** comme face d'entrée d'un coin de cube (voir le volume Exemples).

EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

MOT-CLE **RECELL**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/11

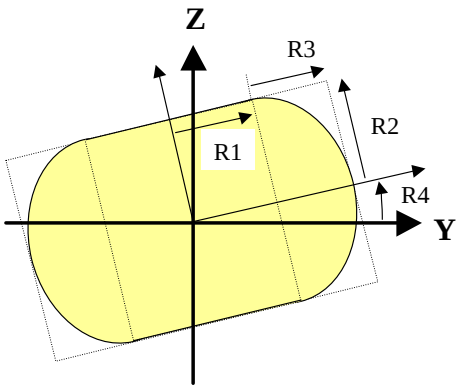
ROLE

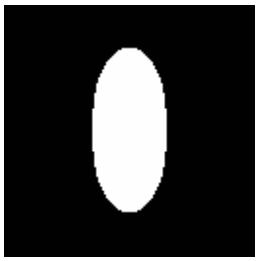
Sur une surface, définit une zone “rectangulaire elliptique” (c’est-à-dire une zone rectangulaire à laquelle sont accolées les deux moitiés d’une ellipse, voir schéma ci-dessous) à l’extérieur ou à l’intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. Les axes de la zone sont parallèles aux axes Y’ et Z’ déduits des axes Y et Z par une rotation autour de l’axe optique X.

SYNTAXE **>RECELL I1 R1 R2 R3 R4**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l’extérieur du rectangle elliptique (elle représente les limites de la surface). Si I1 < 0, elle se trouve à l’intérieur (c’est une obturation centrale). Le cas I1 = 0 n’est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-largeur du rectangle intérieur suivant Y’ (mm).
R2 Demi-largeur du rectangle intérieur suivant Z’, et demi-axe de l’ellipse suivant Z’ (mm).
R3 Demi-axe de l’ellipse suivant Y’ (mm).
R4 Angle de rotation entre les axes Y et Y’ (degrés).





EXEMPLE **>RECELL 1 99. 43.5 80.5 90.**

Ce sont les cotes optiques du miroir de balayage placé en entrée de l’instrument IASI. Avec ces chiffres, il parait très allongé suivant l’axe Z, ce qui est du à sa large plage de balayage: le miroir devait pouvoir tourner de ±60 degrés autour de l’axe Y sans jamais vigneter le faisceau optique.

EMPLACEMENT Après PUPILL, MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX, TRAME.

PARTICULARITES

1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC, APODIE.
3) Masque autorisé pour PUPILL, l’entier I1 étant alors pris automatiquement positif.

MOT-CLE **CADRE**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/12

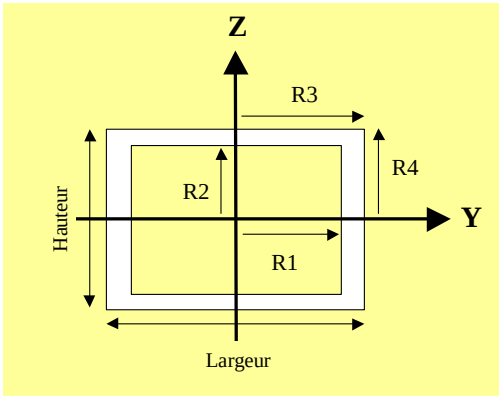
ROLE

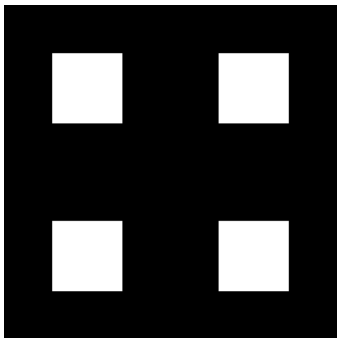
Sur une surface, définit un cadre rectangulaire à l'intérieur duquel les rayons peuvent passer, et un cadre rectangulaire à l'extérieur duquel ils passent également. Les axes du masque sont parallèles aux axes Y et Z (voir schéma ci-dessous). On peut également obtenir le "négatif" de ce masque à l'aide du paramètre I1.

SYNTAXE **>CADRE I1 R1 R2 R3 R4**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située entre les rectangles intérieur et extérieur. Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur du rectangle intérieur et à l'extérieur du rectangle extérieur (vous suivez toujours ?). Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-largeur du rectangle intérieur suivant Y (mm).
R2 Demi-largeur du rectangle intérieur suivant Z (mm).
R3 Demi-largeur du rectangle extérieur suivant Y (mm).
R4 Demi-largeur du rectangle extérieur suivant Z (mm).





EXEMPLE **>CADRE 1 0.48 0.48 1.12 1.12**

Les paramètres du rectangle intérieur représentent la surface sensible d'un des détecteurs infrarouge de l'instrument IASI. Les paramètres du rectangle extérieur définissent un carré de 2.24 mm de côté. En juxtaposant quatre de ces masques (décalés de 2.24 mm en Y et en Z) et en leur associant un masque carré de 4.48 mm, on peut recréer le plan focal de l'instrument IASI (constitué d'une matrice de 2x2 pixels). **Voir également** l'exemple de l'instruction TROUEL.

EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

MOT-CLE **POLYG**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/13

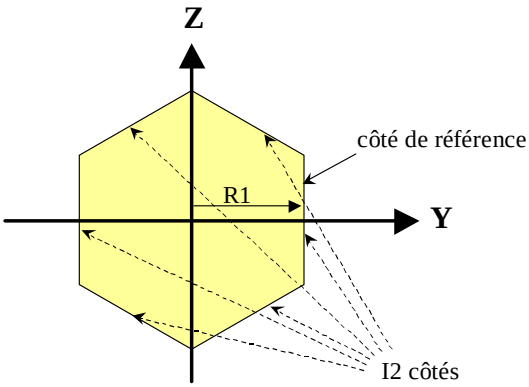
ROLE

Sur une surface, définit un cadre polygonal à l'extérieur ou à l'intérieur duquel les rayons ne peuvent pas passer. On peut choisir la largeur et le nombre des côtés du polygone. Le côté de référence du polygone est toujours situé en +Y, parallèlement à l'axe Z (voir schéma ci-dessous).

SYNTAXE **>POLYG I1 R1 I2**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l'extérieur du polygone. Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur. Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-largeur du polygone suivant Y (mm).
I2 Nombre des côtés du polygone.



EXEMPLE **>POLYG 1 0.90 6**

On a représenté ici un hexagone de largeur totale 1.8 mm.

EMPLACEMENT Après PUPILL, MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX, TRAME.

PARTICULARITES

1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC, APODIE.
3) Masque autorisé pour PUPILL, l'entier I1 étant alors pris automatiquement positif.

MOT-CLE **RECTRO**

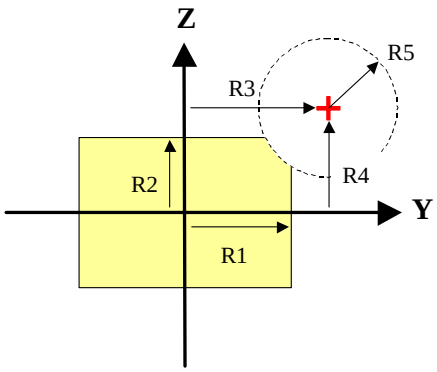
ROLE

Sur une surface, définit une zone “rectangulaire tronquée par un cercle”, à l’extérieur ou à l’intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. Le cercle peut être décentré par rapport à l’axe optique.

SYNTAXE **>RECTRO I1 R1 R2 R3 R4 R5**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l’extérieur du rectangle elliptique (elle représente les limites de la surface). Si I1 < 0, elle se trouve à l’intérieur (c’est une obturation centrale). Le cas I1 = 0 n’est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-largeur du rectangle suivant Y (mm).
R2 Demi-largeur du rectangle suivant Z (mm).
R3 Décentrement du cercle suivant Y (mm).
R4 Décentrement du cercle suivant Z (mm).
R5 Rayon du cercle (mm).



EXEMPLE **>RECTRO 1 1. 1. 1. -1. 1.**

Avec ces paramètres on obtient le masque représenté ci-dessus. Il peut servir pour définir des zones de fond ou de bas de “slices” dans un système découpeur d’images, en mode de tracé de rayons non séquentiel.

EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

MOT-CLE **CMALTE**

Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/15

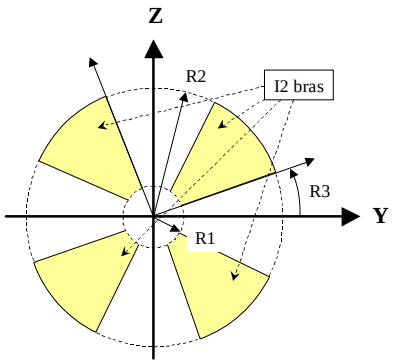
ROLE

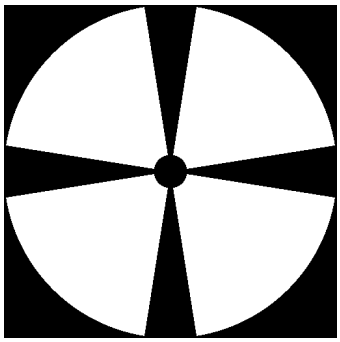
Sur une surface, définit une zone annulaire “en croix de Malte” (c’est-à-dire une zone montrant une alternance entre parties blanches et noires en fonction de l’angle polaire, voir schéma ci-dessous) à l’extérieur ou à l’intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer. Les axes de la zone sont parallèles aux axes Y’ et Z’ déduits des axes Y et Z par une rotation autour de l’axe optique X.

SYNTAXE **>CMALTE I1 R1 R2 I2 R3 R4**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l’extérieur de l’anneau (qui représente les limites de la surface) et du masque en croix de Malte. Si I1 < 0, elle se trouve à l’intérieur. Le cas I1 = 0 n’est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Rayon du cercle intérieur de l’anneau (mm).
R2 Rayon du cercle extérieur de l’anneau (mm).
I2 Nombre de bras de la croix de Malte.
R3 Angle de rotation entre les axes Y et Y’ (degrés).
R4 Taux d’obturation angulaire (0. ≤ R4 ≤ 1.).





EXEMPLE **>CMALTE 1 500. 5000. 4 45. 0.8**

Voici une véritable croix de Malte à quatre bras dont les axes sont inclinés à 45 degrés par rapport au repère OYZ.

EMPLACEMENT Après PUPILL, MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX, TRAME.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC, APODIE.
3) Masque autorisé pour PUPILL, l’entier I1 étant alors pris automatiquement positif.

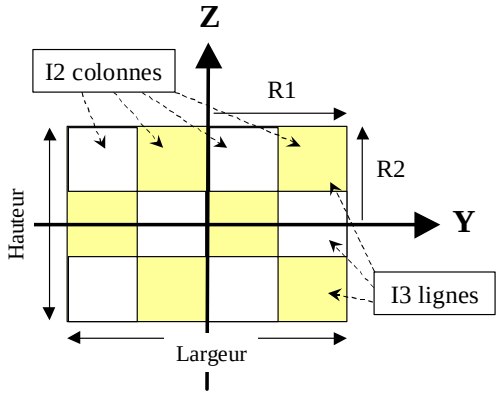
MOT-CLE **DAMIER**

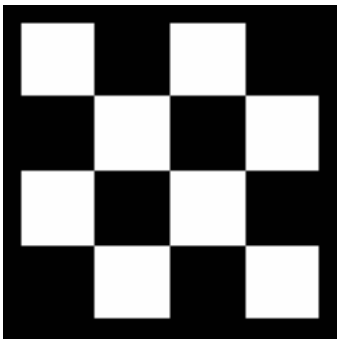
Sous-programme TEST (NSQ/TRM)
Numéro 26/17

ROLE Sur une surface, définit une zone en forme de damier et limitée par un rectangle, à l'extérieur ou à l'intérieur de laquelle les rayons ne peuvent pas passer.

SYNTAXE **>DAMIER I1 R1 R2 I2 I3**

PARAMETRES
I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l'extérieur du rectangle (qui représente les limites de la surface). Si I1 < 0, elle se trouve à l'intérieur. Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Demi-largeur du rectangle extérieur suivant Y (mm).
R2 Demi-largeur du rectangle extérieur suivant Z (mm).
I2 Nombre de colonnes du damier suivant l'axe Y.
I3 Nombre de lignes du damier suivant l'axe Z.





EXEMPLE **>DAMIER 1 1. 1. 4 4**

Ceci est un damier à quatre lignes et quatre colonnes.

EMPLACEMENT Après PUPILL, MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX, TRAME.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC, APODIE.
3) Masque autorisé pour PUPILL, l'entier I1 étant alors pris automatiquement positif.

MOT-CLE **OEIL**

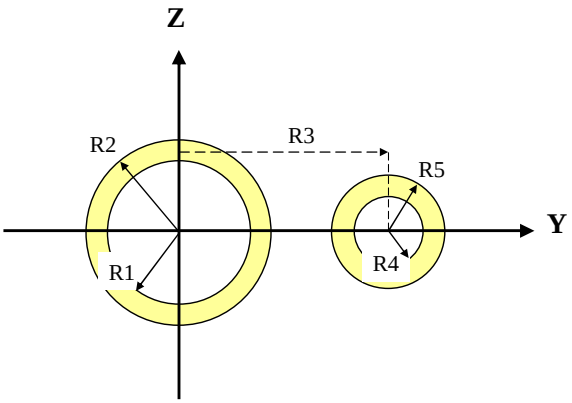
ROLE

Sur une surface, définit une zone en forme “d’oeil”. .Il s’agit en fait de l’addition de deux masques en forme d’ANNEAU (voir volume 1) décalés latéralement l’un par rapport à l’autre.

SYNTAXE **>OEIL I1 R1 R2 R3 R4 R5**

PARAMETRES

I1 Si I1 > 0, la zone bloquante est située à l’extérieur du rectangle (qui représente les limites de la surface). Si I1 < 0, elle se trouve à l’intérieur. Le cas I1 = 0 n’est pas accepté (arrêt du programme).
R1 Rayon intérieur du premier anneau (mm).
R2 Rayon extérieur du premier anneau (mm).
R3 Décentrement du centre du second anneau suivant l’axe X (mm).
R4 Rayon intérieur du second anneau (mm).
R5 Rayon extérieur du second anneau (mm).



EXEMPLE **>ŒIL 1 0.95 1. 0.4 0.55 0.6**

Voila qui justifie bien le nom donné à ce masque.

EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, PLAN, LENTIL, MIRHAX.

PARTICULARITES

1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé propriétés spéciales, et avec DEFFIC, PHAFIC.
3) Masque non autorisé pour PUPILL et APODIE.

2.2 INTRODUCTION DE DEFAUTS DE PHASE SUR LES SURFACES OPTIQUES

On dispose ici de deux instructions (DEFFIC et PHAFIC) qui permettent de rajouter des défauts de surface et/ou de phase sur une surface optique donnée, avec modification des surfaces d'onde et du tracé réel (déflexion) des rayons. Ces défauts sont introduits sous forme de fichiers aux formats suivants[1]:

1) Fichiers ASCII sans en-tête, généralement avec l'extension ***.txt***. C'est aujourd'hui le format d'entrée-sortie le plus utilisé et recommandé. On le sélectionne au moyen du mot-clé en cinq lettres ASCII (voir plus loin la description des instructions).

2) Fichiers ASCII à en-tête portant l'extension ***.int***, correspondant au format CODE 5. C'est un standard reconnu par la plupart des logiciels de calcul optique et par de nombreux appareils de mesure. Dans ce cas le mot-clé en cinq lettres est CODE5.

3) Citons enfin pour mémoire les fichiers ASCII à en-tête portant l'extension ***.opd***, spécifiques au logiciel d'analyse d'interférogrammes WISP 1 (jadis développé par la société WYKO et aujourd'hui obsolète). Le mot-clé en cinq lettres est WISP1, et, si vous en avez vraiment l'utilité, le format des fichiers ***.opd*** est décrit dans l'Annexe 3.

Tous ces fichiers peuvent provenir de sources diverses (voir la **Présentation générale**). Rappelons notamment les défauts réellement mesurés sur un interféromètre (ZYGO, ZEISS, etc…), ou déduits de méthodes de digitalisation/numérisation/interpolation, ou encore reconstruits à partir de coefficients de Zernike (simulés ou mesurés).

REMARQUE HISTORIQUE

Le format WISP 1 fut utilisé en son temps pour exporter les déformations mécaniques et thermiques des surfaces réflectives des miroirs du télescope ISO, modélisées à l'aide du logiciel NASTRAN, vers les programmes COSAC ou CODE 5: le tracé optique des rayons sur les surfaces déformées permettait alors d'extrapoler les performances des instruments complets en orbite. Mais ceci a déjà été évoqué dans la **Présentation générale**… Le seul intérêt que pourrait présenter encore aujourd'hui ce format est sa compacité (il est vrai que les fichiers ***.opd*** tiennent peu de place sur les disques). A votre place, je laisserai tomber. Sinon, allez voir l'Annexe 3 !

2.2.1 Opérations préliminaires sur les fichiers-défauts

Lorsqu'on associe des défauts de surface ou de phase à une surface optique, il est souvent nécessaire de procéder à quelques opérations préliminaires sur les fichiers-défauts. Même si ce n'est pas le cas, il est recommandé d'effectuer les vérifications suivantes.

[1] Ces formats sont également décrits dans le **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**, au début de son chapitre 6. Il n'y a pas de miracle: tous les fichiers que vous pouvez créer avec l'instruction DCOFIC (voir **vol. 1**) peuvent être relus ici.

2.2.1.1 Orientation des axes

Lorsque vous faites face à la surface d'onde (c'est-à-dire que l'onde lumineuse se dirige droit sur vous), la définition des axes est donnée dans le tableau ci-dessous.

AXES	COSAC	CODE 5 / WISP 1[1]
X	Axe optique , perpendiculaire à l'écran	Horizontal, dirigé vers la droite en regardant l'écran
Y	Horizontal, dirigé vers la droite en regardant l'écran	Vertical, dirigé vers le haut en regardant l'écran
Z	Vertical, dirigé vers le haut en regardant l'écran	Axe optique , perpendiculaire à l'écran

L'axe Y de COSAC est donc confondu avec l'axe X de CODE 5, et l'axe Z de COSAC est confondu avec l'axe Y CODE 5. Par exemple, un défaut local apparaissant dans le quadrant +X/+Y d'un fichier CODE 5 ***.int*** se retrouvera automatiquement placé en +Y/+Z sur la surface optique dans le repère COSAC.

Mais le travail n'est pas forcément terminé. Dans la réalité, il arrive souvent que des composants optiques soient individuellement mesurés par rapport à des axes de référence différents de ceux du système optique assemblé. Dans ce cas, il est nécessaire de faire subir au fichier-défauts un certain nombre de transformations géométriques (symétries, rotations) afin de s'assurer que les défauts locaux seront correctement replacés sur la surface optique, dans le repère COSAC, après lecture du fichier. Or, COSAC ne dispose pas à l'heure actuelle d'instructions internes pour effectuer ces transformations géométriques: il est donc nécessaire de les réaliser au préalable à l'aide d'autres logiciels de manipulation de données (on vous fait confiance pour les trouver).

2.2.1.2 Vérification du facteur d'échelle

On appelle facteur d'échelle le rapport de proportion entre les défauts introduits par COSAC sur une surface optique (par l'intermédiaire d'un fichier-défauts), et les défauts inscrits dans le fichier lui-même. La valeur et le signe de ce facteur sont particulièrement importants (car hélas, il n'est pas toujours égal à 1).

Valeur du facteur d'échelle

Le plus souvent, les défauts optiques contenus dans les fichiers ***.txt*** ou ***.int*** représentent une surface d'onde mesurée à l'aide d'un interféromètre-laser. Dans le cas d'un miroir, par exemple, ils seront doubles des défauts réels de la surface optique. Si on souhaite introduire des défauts de phase, la valeur absolue du facteur d'échelle restera égale à 1. Par contre, si on veut introduire des défauts sur la surface elle-même, le facteur d'échelle sera de 0.5, de manière à retrouver, après réflexion sur le miroir, la même surface d'onde. Dans le cas d'un dioptre, il sera nécessaire de prendre en compte les indices de réfraction.

Il est donc impératif, avant de choisir un facteur d'échelle, de savoir si le fichier-défauts contient des défauts de phase ou de surface, et si la surface optique considérée est un miroir ou un dioptre (qui peut lui-même avoir été contrôlé par réflexion).

[1] Et la plupart des autres logiciels de calcul optique du commerce.

Signe du facteur d'échelle

Il permet d'orienter le fichier-défauts par rapport à l'axe optique COSAC. Ainsi, les valeurs positives du fichier seront dirigées suivant l'axe +X dans le repère courant, tandis que ses valeurs négatives seront dirigées vers -X : il est donc fondamental de bien visualiser ce repère courant, et ses éventuels changements tout au long du système optique.

Facteur d'échelle par défaut

A tout fichier-défauts est impérativement associé une longueur d'onde dite de référence (il s'agît souvent de la longueur d'onde de l'interféromètre ou d'une manière plus générale de l'appareil de mesure utilisé), et **les données du fichier sont exprimées en fractions de cette longueur d'onde de référence**. Dans le cas des fichiers ***.txt***, celle-ci doit être précisée dans les paramètres des instructions PHAFIC ou DEFFIC. Dans les deux autres cas la longueur d'onde de référence figure dans l'en-tête des fichiers-défauts. Elle est lue par COSAC, et dans le cas où elle différerait de la longueur d'onde courante (définie par les instructions LAMBDA ou SIGMA), le programme applique automatiquement le rapport des deux longueurs d'onde pour ramener les défauts à la longueur d'onde courante. Le cas où la longueur d'onde de référence est nulle provoque l'arrêt du programme.

Modification du facteur d'échelle par l'utilisateur

Il n'existe pas de solution réellement recommandable en général. Jugez plutôt:

- Sur tous les fichiers-défauts la solution la plus simple est de modifier la longueur d'onde de référence. Dans le cas des fichiers ***.txt***, il suffit de jouer sur ce paramètre des instructions PHAFIC ou DEFFIC. Dans le cas des fichiers ***.int*** et ***.opd***, if faut modifier ce même paramètre dans leur en-tête. Cela peut se faire avec un simple éditeur de texte, avant exécution du programme. Pour plus de détails, vous vous reporterez au manuel CODE 5 pour les fichiers ***.int***, et à l'Annexe 3 pour les fichiers ***.opd***.
- Autre possibilité: modifier le facteur d'échelle dans les données elles-mêmes, avant introduction dans COSAC, à l'aide d'autres logiciels de manipulation de données.

2.2.1.3 Soustraction tilt/focus

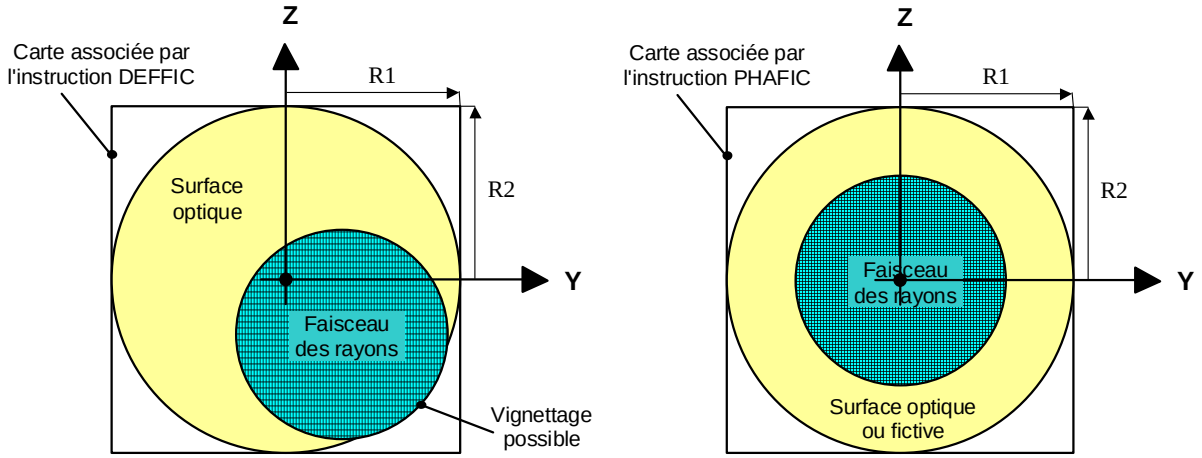
Quelle que soit leur provenance, les fichiers-défauts présentent souvent des résidus de tilt et de focus (par exemple, liés aux désalignements de l'interféromètre de mesure) qui ne sont pas forcément souhaités par l'utilisateur: un tilt introduit en effet un décalage latéral du point image dans le plan focal, tandis qu'un defocus résiduel fausse les calculs de refocalisation axiale (position de l'image le long de l'axe optique X). Si ces deux points sont susceptibles d'avoir une influence la performance optique étudiée, il est indispensable de les enlever au préalable du fichier-défauts. COSAC peut vous aider à pratiquer facilement cette opération à l'aide des instructions REFOC, puis DCOFIC (placées dans un fichier ***.dat*** que vous aurez lancé auparavant, vous inspirant de l'exemple ***test20.dat***).

2.2.2 Introduction des fichiers-défauts dans COSAC

En général, la prise en compte des défauts par COSAC se fait comme suit :

- Si un rayon incident atteint une zone où les défauts de la surface optique ou de la surface d'onde sont définis, COSAC détermine les quatre plus proches points appartenant au fichier et interpole la valeur du défaut au point d'impact du rayon.
- Si le rayon atteint une zone où les défauts ne sont pas définis, COSAC élimine le rayon (il le considère comme masqué par cette surface).
- Dans le cas particulier des défauts de phase (PHAFIC), et lorsque le maillage du fichier est identique à celui de COSAC, le programme peut ajouter directement les phases sans interpolation. Encore ceci doit-il être autorisé par une instruction spéciale (TYPDEF, voir chapitre 3) placée dans le fichier ***.dat***.

Il existe une différence fondamentale entre l'introduction de défauts de surface (DEFFIC) et de défauts de phase (PHAFIC). Dans le cas de défauts de surface, ceux-ci sont directement rattachés à la surface optique désignée, le maillage du fichier-défauts étant centré sur cette surface (alors que le faisceau des rayons réels, issu de la pupille d'entrée, ne l'est pas forcément). Les défauts de phase, par contre, restent toujours centrés sur le faisceau optique des rayons réels. Ces conventions sont illustrées dans le schéma ci-dessous. Elles restent applicables en tout endroit du système optique étudié.



MOT-CLE **DEFFIC** Sous-programme DEFFIC
Numéro 22

ROLE Ajoute à une surface (MIROIR ou DIOPTR) des défauts de surface (polissage, thermo-élastique, etc...). Cette instruction modifie la forme de la surface optique elle-même. Les rayons réfléchis ou transmis sont calculés en conséquence (lois de Descartes).

SYNTAXE **>DEFFIC C1 C2 R1 R2 (I1 I2) (R3) (R4)**

PARAMETRES
C1 Type du fichier externe (en 5 lettres) dans lequel les défauts de surface seront lus. Ici, vous avez le choix entre ASCII (valeurs numériques écrites ligne par ligne, sans en-tête), CODE5 (fichier ***.int*** au format CODE 5), et WISP1 (fichier ***.opd*** au format WISP 1)[1].
C2 Nom du fichier externe où seront lus les défauts de surface. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum (en incluant l'extension). Ce fichier doit figurer dans le même répertoire que votre fichier d'instructions ***.dat***, sinon il y aura arrêt du programme.
R1 Demi-largeur (mm) ou nombre d'ouverture F/D (sans dimension) de la zone couverte par le fichier-défauts suivant Y. Vous trouverez plus d'explications sur la valeur qu'il faut affecter à ce paramètre dans les pages suivantes.
R2 Demi-largeur (mm) ou nombre d'ouverture F/D (sans dimension) de la zone couverte par le fichier-défauts suivant Z. Même remarque que pour R1.
I1 Nombre total de points du fichier-défauts suivant l'axe Y. Ce paramètre est obligatoire lorsque C1='ASCII'. Dans les autres cas, COSAC le lit directement dans l'en-tête du fichier-défauts et il devient inutile ici.
I2 Nombre total de points du fichier-défauts suivant l'axe Z. Ce paramètre est obligatoire si C1='ASCII'. Même remarque que pour I1.
R3 Longueur d'onde de référence du fichier-défauts, en µm (voir explications plus haut). Ce paramètre est obligatoire lorsque C1='ASCII'. Dans les autres cas, COSAC le lit directement dans l'en-tête du fichier-défauts et il devient inutile ici.
R4 Valeur spéciale contenue dans le fichier, qui signifie qu'aucune donnée n'existe au point considéré (par exemple, parce qu'on est en dehors de la surface optique utile). Ce paramètre n'est utile que lorsque C1='ASCII'. Dans les autres cas, COSAC le lit directement dans l'en-tête du fichier-défauts et il devient inutile ici. Par défaut R4 = 0.

EXEMPLE **>DEFFIC ASCII test20.txt 3.15 3.15 99 99 0.6328 -1.**

Ajoute les défauts de surface contenus dans le fichier ***test20.txt*** à la surface optique qui précède le mot-clé. Ce fichier contient 99 x 99 points et a été acquis pour une longueur d'onde de référence de 0.6328 µm.

EMPLACEMENT Après MIROIR ou DIOPTR seulement.

PARTICULARITES 1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé de "propriétés spéciales", et avec APODIE.

[1] Attention: Le nombre de paramètres obligatoires ou optionnels à introduire ici dépend fortement du choix de C1, comme on le verra plus bas.

MOT-CLE **PHAFIC**

Sous-programme PHAFIC
Numéro 21

ROLE Ajoute à une surface (MIROIR, DIOPTR, ou PLAN) des défauts de phase. Cette instruction ne modifie pas la forme de la surface optique, mais seulement les surfaces d'onde réfléchies ou transmises. Les rayons réfléchis ou transmis sont par la suite défléchis en conséquence.

SYNTAXE **>PHAFIC C1 C2 (R1 R2) (I1 I2) (R3) (R4)**

PARAMETRES

C1 Type du fichier externe (en 5 lettres) dans lequel les défauts de phase seront lus. Ici, vous avez les mêmes choix que pour l'instruction DEFFIC[1].

C2 Nom du fichier externe où seront lus les défauts de phase. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum (en incluant l'extension). Ce fichier doit figurer dans le même répertoire que votre fichier d'instructions ***.dat***, sinon il y aura arrêt du programme.

R1 Ce paramètre présente les mêmes significations que pour l'instruction DEFFIC. Toutefois, il est ici optionnel: s'il n'apparaît pas COSAC "collera" exactement les dimensions du fichier-défauts à celles du faisceau réel des rayons, à cet endroit précis du système optique.

R2 Ce paramètre présente les mêmes significations que pour l'instruction DEFFIC. Même remarque que pour R1 ci dessus.

I1 Nombre total de points du fichier-défauts suivant l'axe Y. Ce paramètre a exactement les mêmes significations et propriétés que pour l'instruction DEFFIC.

I2 Nombre total de points du fichier-défauts suivant l'axe Z. Ce paramètre a exactement les mêmes significations et propriétés que pour l'instruction DEFFIC.

R3 Longueur d'onde de référence du fichier-défauts, en µm. Ce paramètre a exactement les mêmes significations et propriétés que pour l'instruction DEFFIC.

R4 Valeur signifiant qu'aucune donnée n'existe au point considéré. Ce paramètre a exactement les mêmes significations et propriétés que pour l'instruction DEFFIC..

EXEMPLE **>PHAFIC ASCII test20.txt 99 99 0.6328 -1.**

Ajoute les défauts de phase contenus dans le fichier ***test20.txt*** à la surface optique qui précède le mot-clé. L'absence notable des paramètres R1 et R2 signifie que les dimensions du fichier-défauts sont prises égales à celles du faisceau réel des rayons.

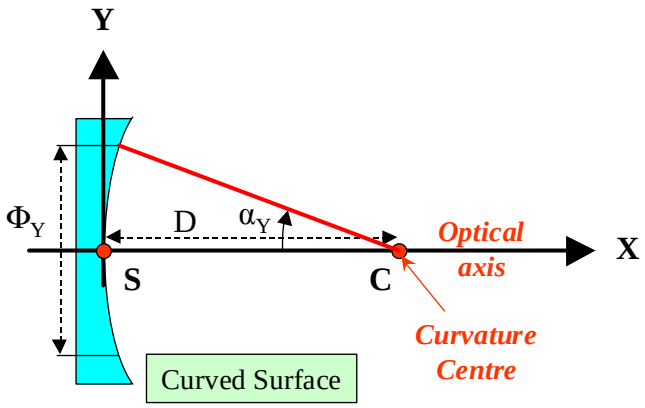
EMPLACEMENT Après MIROIR, DIOPTR, ou PLAN seulement.

PARTICULARITES 1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé de "propriétés spéciales", et avec APODIE.

[1] Attention: Le nombre de paramètres obligatoires ou optionnels à introduire dépend là aussi fortement du choix de C1.

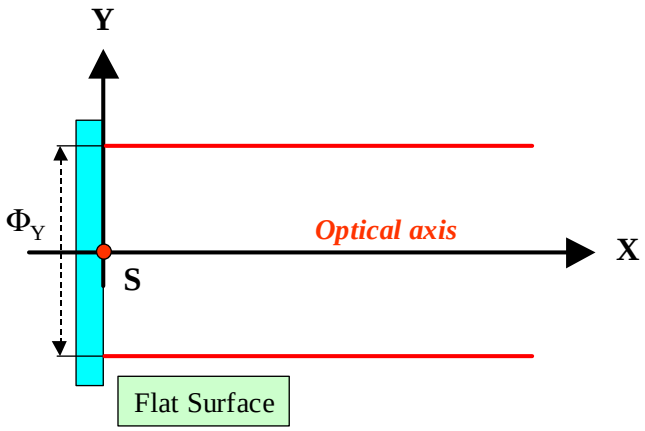
Valeurs des paramètres R1 et R2 lors de l'introduction des fichiers-défauts

Comme on peut le constater sur la figure ci-dessous, R1 et R2 n'ont pas la même signification suivant qu'on les introduit sur des surfaces planes ou courbées (c'est-à-dire concaves ou convexes). **Ces règles restent vraies tant dans le cas des surfaces optiques réelles** (instruction DEFFIC) **que des surfaces d'onde** (instruction PHAFIC)



$$R1 = \frac{D}{\Phi_Y} = \frac{1}{2 \sin \alpha_Y}$$

$$R2 = \frac{D}{\Phi_Z} = \frac{1}{2 \sin \alpha_Z}$$



$$R1 = \frac{\Phi_Y}{2}$$

$$R2 = \frac{\Phi_Z}{2}$$

Si la surface optique ou la surface d'onde est courbe, R1 et R2 représentent les nombres d'ouverture F/D suivant les axes Y et Z de la surface, vus de son centre de courbure (en effet, c'est souvent à partir de là qu'elle aura été mesurée). R1 et R2 sont alors sans dimensions, et les formules qui permettent de les calculer sont reproduites ci-dessus. A partir de ces valeurs, COSAC se charge d'interpoler les données du fichier sur la zone réellement éclairée par les rayons.

Si la surface optique ou la surface d'onde est plane, le cas est plus simple: R1 et R2 sont les demi-largeurs en mm (suivant les axes Y et Z) de la zone couverte par le fichier-défauts. COSAC s'occupe là aussi d'interpoler les données du fichier.

Il fut un temps où COSAC se chargeait lui-même de déterminer si les surfaces optiques et les surfaces d'onde où l'on introduisait les fichiers-défauts étaient planes ou courbées, et interprétait automatiquement les valeurs R1 et R2 fournies par l'utilisateur. Mais avec te temps et le développement du logiciel, ces choix automatiques sont finalement devenus des sources de confusion, donc…

Depuis la version 2.5, l'utilisateur est obligé de spécifier lui-même, à l'aide de l'option de calcul TYPDEF décrite dans le paragraphe 2.2.3, les types de surface (plane ou courbe) et les modes d'introduction (par interpolation ou lecture directe) des fichiers-défauts. C'est plus compliqué, mais cela permet de comprendre exactement ce que l'on fait.

2.2.3 Options de calcul

MOT-CLE **TYPDEF** Sous-programme ITFIC
Numéro 133

ROLE Option de calcul pour l'introduction de fichiers-défauts sur une surface optique ou une surface d'onde.

SYNTAXE **>TYPDEF I1**

PARAMETRES I1 La valeur absolue et le signe de I1 sont également importants:

- Si |I1| = 1, les défauts sont appliqués sur une surface plane.
- Si |I1| = 2, les défauts sont appliqués sur une surface courbe.
- Si I1 > 0, les défauts sont introduits sur la surface, puis calculés par interpolation.
- Si I1 < 0, les défauts sont rajoutés directement sur le maillage des rayons COSAC. On évite ainsi les (faibles) erreurs de calcul liées à l'interpolation, mais cette option n'est valable que pour l'instruction PHAFIC, et le maillage du fichier-défauts doit être identique à celui de COSAC. Sinon un message d'erreur apparaîtra.

Donc I1 ne peut être égal qu'à –2, -1, 1 ou 2. Toute autre valeur provoquera l'arrêt du programme. Par défaut I1=1

EXEMPLE

```
>TYPDEF    2
>MIROIR    183.3  0.     0.     0.     0.     0.     2000.  -1.00422124
>DEFFIC    ASCII  test20.txt    3.15   3.15   99     99     0.6328 -1.
```

Les défauts de surface contenus dans le fichier ***test20.txt*** sont appliqués sur un miroir concave, de nombre d'ouverture 3.15 (vu de son centre de courbure dans les deux directions Y et Z). Vous reconnaissez au passage l'exemple déjà vu pour DEFFIC.

```
>TYPDEF    -1
>PLAN      0.     0.     0.     0.     0.     0.
>PHAFIC    ASCII  test20.txt    99     99     0.6328 -1.
```

Les défauts de phase contenus dans le fichier ***test20.txt*** sont ajoutés à une surface d'onde plane (à vous de vérifier qu'elle l'est vraiment à cet endroit du système optique !). Le signe négatif de I1 indique que COSAC et ***test20.txt*** présentent les mêmes maillages, donc les défauts peuvent être rajoutés directement sans interpolation. Vous reconnaissez au passage l'exemple déjà vu pour PHAFIC.

EMPLACEMENT Après PUPILL et avant les surfaces optiques concernées.

PARTICULARITES
1) Nécessite une définition préalable de la longueur d'onde (LAMBDA ou SIGMA).
2) Plusieurs instructions TYPDEF (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.
3) 'TYPDEF 1' est le mode de fonctionnement par défaut de COSAC.

2.2.4 Utilisation de fonctions analytiques

Les instructions DEFFIC et PHAFIC décrites au paragraphe 2.2.2 permettent également d'introduire des défauts de phase et de surface au moyen de certaines fonctions analytiques prédéfinies dans le programme. Dans ce cas leurs paramètres d'entrée doivent être légèrement modifiés comme suit (la première chaîne de caractères C1 suivant le mot-clé DEFFIC ou PHAFIC doit impérativement être égale à 'FONCT'):

SYNTAXE

>DEFFIC	**FONCT**	**C2**	**R1**	**R2**	**I1**	**I2**	**R3**	**R4**
>PHAFIC	**FONCT**	**C2**	**(R1**	**R2)**	**I1**	**I2**	**R3**	**R4**

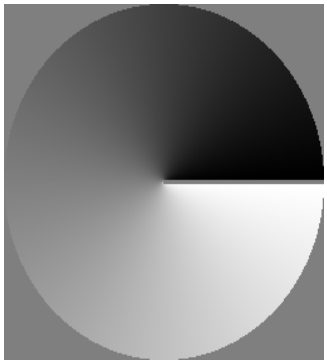
PARAMETRES

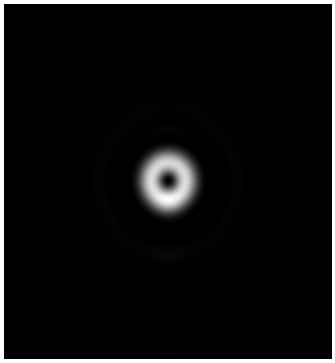
- C2 Nom de code de la fonction analytique (et de certains de ses paramètres) en 12 caractères maximum. L'art et la manière d'écrire cette chaine de caractères sont expliqués page suivante.
- R1 Demi-largeur (mm) ou nombre d'ouverture F/D (sans dimension) de la zone de calcul de la fonction analytique suivant Y (voir § 2.2.2).
- R2 Demi-largeur (mm) ou nombre d'ouverture F/D (sans dimension) de la zone de calcul de la fonction analytique suivant Z (voir § 2.2.2).
- I1 Nombre total de points de calcul de la fonction analytique suivant l'axe Y.
- I2 Nombre total de points de calcul de la fonction analytique suivant l'axe Z.
- R3 Longueur d'onde de référence pour la fonction analytique en µm.
- R4 Coefficient multiplicatif des défauts de phase ou de surface.

EXEMPLE

PHAFIC FONCT VORT1 255 255 0.5 1.

Ajoute les défauts de phase d'un "vortex optique" d'ordre 1 (voir ci-dessous les représentations en niveaux de gris de la surface d'onde et de la PSF résultante).





L'option de calcul TYPDEF décrite au paragraphe précédent reste pleinement applicable au cas des fonctions analytiques et permet de préciser le type de la surface optique (courbe ou plane) ainsi que la manière d'introduire ses défauts de phase ou de surface (avec ou sans interpolation).

La forme générale de la chaine de caractères C2 est la suivante (12 caractères maximum):

AAAANNN;MMM

où AAAA est un groupe de quatre lettres définissant le type de la fonction analytique (voir le tableau ci-dessous)
NNN est un groupe d'au maximum trois chiffres, définissant un ou plusieurs indices de la fonction, ou la valeur d'un paramètre numérique (voir le tableau ci-dessous)
; est un caractère de séparation, inutile si les chiffres suivants sont absents
MMM est un nombre de trois chiffres maximum, qui définit un angle de rotation (en degrés) autour de l'axe X, à appliquer à la fonction analytique

Code de la fonction AAAA	**Type de la fonction**	**Indices / Paramètre** $N_1N_2N_3$	**Valeurs autorisées**	**Expression analytique du défaut de phase** $\phi(Y,Z)$
ZERN	Polynôme de Zernike	Valeur de n, ordre du polynôme	$0 \le n \le 48$	$\phi(Y,Z) = Z_n(Y,Z)/\lambda$
SEID	Aberration de Seidel	Valeur de n, ordre du polynôme	$0 \le n \le 15$	$\phi(Y,Z) = S_n(Y,Z)/\lambda$
VORT	Vortex optique	Valeur de m, charge topologique du vortex m	$1 \le m \le 99$	$\phi(Y,Z) = m\,\theta$
COSP	Réseau de phase linéaire	Valeur de f, fréquence spatiale entière	$1 \le f \le 999$	$\phi(Y,Z) = \cos(2\pi fY)/\lambda$
SINP	Réseau de phase linéaire	Valeur de f, fréquence spatiale entière	$1 \le f \le 999$	$\phi(Y,Z) = \sin(2\pi fY)/\lambda$
COSR	Réseau de phase circulaire	Valeur de f, fréquence spatiale entière	$1 \le f \le 999$	$\phi(Y,Z) = \cos(2\pi f\rho)/\lambda$
SINR	Réseau de phase circulaire	Valeur de f, fréquence spatiale entière	$1 \le f \le 999$	$\phi(Y,Z) = \cos(2\pi f\rho)/\lambda$
CONE	Cône de révolution	Valeur de a, proportionnel à la pente du cône	$1 \le a \le 999$	$\phi(Y,Z) = (a/100)\,\rho/\lambda$
APOD	Fonction d'apodisation COSAC	Valeur de n, code de la fonction	$0 \le n \le 19$	Voir le tableau du § 2.3 avec des valeurs R1=R2=S1=1 et S2 = 0
APOR	Fonction d'apodisation COSAC "négative"	Valeur de n, code de la fonction	$0 \le n \le 19$	Voir le tableau du § 2.3 avec des valeurs R1=R2=S1=1 et S2 = 0

Où: $\rho = \sqrt{Y^2 + Z^2}$ et $\theta = \mathrm{Arctan}\left(\frac{Y}{Z}\right)$

2.3 INTRODUCTION D'APODISATIONS SUR LES SURFACES OPTIQUES

On appelle "apodisation" les variations spatiales (c'est-à-dire, dans le plan XY) de transmission ou de réflexion, introduites au passage d'une surface optique. Ces "apodisations" peuvent avoir de multiples origines (faisceaux laser, différences d'angles d'incidence, polarisation, poussières sur les optiques, sensibilités spatiales des détecteurs…). COSAC permet d'introduire deux types d'apodisation différents:

- APODIE: apodisation en énergie, ou en intensité (en fait, il serait plus juste de parler d'éclairements). Les amplitudes des surfaces d'ondes sont égales aux racines carrées des intensités, et COSAC se charge automatiquement des deux calculs en parallèle.
- APODIA: apodisation sur l'amplitude de la surface d'onde (celle qui intervient directement dans les calculs de PSF). Les intensités lumineuses sont égales aux carrés des amplitudes , et COSAC effectue là aussi des deux calculs en parallèle.

De plus, toutes les apodisations peuvent être définies suivant deux manières:

- Au moyen de fichiers ASCII, pouvant provenir d'origines diverses (par exemple, de simulations ou d'un véritable banc de mesure photométrique).
- Au moyen de plusieurs fonctions analytiques préprogrammées dans COSAC, auxquelles il est nécessaire de fournir les paramètres.

APODIE et APODIA ont exactement les mêmes paramètres et caractéristiques, ils seront donc décrits ensemble. Par contre on trouvera deux fiches séparées pour les fichiers ASCII et les fonctions analytiques dans les pages suivantes.

MOT-CLE **APODIE / APODIA**

Sous-programme TRANSM
Numéro 154

ROLE Effectue une apodisation en intensité / amplitude sur la surface optique qui précède.

SYNTAXE **>APODIE ASCII C1 R1 R2 I1 I2 R3**

PARAMETRES

C1 Nom du fichier externe où les valeurs d'apodisation seront lues. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum (en incluant l'extension). Le fichier doit figurer dans le même répertoire que votre fichier d'instructions ***.dat***, sinon il y aura arrêt du programme. Les valeurs numériques du fichier doivent être écrites ligne par ligne, sans en-tête.

R1 Demi-largeur de la zone couverte par le fichier d'apodisation suivant Y (mm ou mrad).

R2 Demi-largeur de la zone couverte par le fichier d'apodisation suivant Z (mm ou mrad).

I1 Nombre total de points du fichier d'apodisation suivant l'axe Y.

I2 Nombre total de points du fichier d'apodisation suivant l'axe Z.

R3 Facteur d'échelle des données brutes du fichier (COSAC effectue lui-même la multiplication).

EXEMPLE

```
>PLAN      0.    0.    0.    0.    0.    0.
>RECTAN    1     0.48  0.48
>APODIE    ASCII       test911.txt   0.48  0.48  33    33    1.
```

Vous venez de définir des variations de sensibilité sur la surface d'un détecteur carré, de 0.96 mm de côté, issues de mesures dont les résultats ont été stockées dans le fichier externe ***test911.txt*** de maillage 33 x 33.

EMPLACEMENT 1) Après SOURCE, MIROIR, DIOPTR, ou PLAN seulement.
2) Après la définition du masque de la surface, si le deuxième mot-clé est égal à 'ASCII'.

PARTICULARITES 1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé de "propriétés spéciales", et avec DEFFIC et PHAFIC.

MOT-CLE **APODIE / APODIA**

Sous-programme TRANSM
Numéro 154

ROLE Effectue une apodisation en intensité / amplitude sur la surface optique qui précède.

SYNTAXE **>APODIE FONCT C1 R1 R2 R3 (R4 R5 I1) S1 (S2)**

PARAMETRES

C1 Mot-clé d'au plus six caractères qui précise la fonction analytique à utiliser. Cette fonction est toujours centrée au point (Y=0., Z=0.) de la surface optique. La liste des fonctions utilisables est donnée page suivante.

R1 Nombre réel, proportionnel à la demi-largeur suivant Y de la fonction analytique.

R2 Nombre réel, proportionnel à la demi-largeur suivant Z de la fonction analytique.

R3 Nombre réel, représente une rotation (en degrés) autour de l'axe X, à appliquer à la fonction analytique.

R4 Nombre réel, décentrement suivant l'axe Y de la fonction analytique (mm).

R5 Nombre réel, décentrement suivant l'axe Z de la fonction analytique (mm).

I1 Nombre entier, définit "l'échelle de gris" de la fonction d'apodisation F(Y,Z):
- Si I1 ≥ 0 la fonction est "positive", égale à F(Y,Z)
- Si I1 < 0 la fonction est "négative", égale à 1 - F(Y,Z)

Par défaut I1 = 0.

S1 Nombre réel, premier paramètre supplémentaire associé à certaines fonctions analytiques (voir la liste des fonctions page suivante).

S2 Nombre réel, second paramètre supplémentaire associé à certaines fonctions analytiques (voir la liste des fonctions page suivante).

EXEMPLE

```
>PLAN      0.    0.    0.    0.    0.    0.
>RECTAN    1                       5000. 5000.
>APODIE    FONCT       SOLJOS      4650  4650. 0.    0.61
```

On définit ici une fonction analytique dite "loi de luminance solaire de Jose", circulaire et de rayon 4.65 m dans le plan récepteur d'une centrale à tour solaire..

EMPLACEMENT 1) Après SOURCE, MIROIR, DIOPTR, ou PLAN seulement.
2) Après la définition du masque de la surface, si le deuxième mot-clé est égal à 'ASCII'.

PARTICULARITES 1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Compatible avec tous les mots-clé de "propriétés spéciales", et avec DEFFIC et PHAFIC.

Liste des fonctions analytiques préprogrammées dans COSAC

TYPE DE FONCTION	MOT-CLE 'C2'	FONCTION ANALYTIQUE	C ode
Décroissante linéaire (triangle)	DEG1	$F(Y,Z)=\left(1-\frac{Y}{R1}\right)\left(1-\frac{Z}{R2}\right)$	1
Rampe linéaire Y	RAMPE	$F(Y)=S1+(1-S1)\ \frac{Y-R1}{R2-R1}$	8
Décroissante quadratique	DEG2	$F(Y,Z)=1-\rho^2$	2
Gaussienne (loi normale)	NORMAL	$F(Y,Z)=\exp\left[-2\rho^2\right]$	3
Super-Gaussienne	SGAUSS	$F(Y,Z)=\exp\left[-\rho^{S1}\right]$	9
Sinus cardinal	SINCAR	$F(Y,Z)=\mathrm{sinc}\left(\rho^2\right)$	4
Sinus cardinal au carré	SINCA2	$F(Y,Z)=\left\lvert\mathrm{sinc}\left(\rho^2\right)\right\rvert^2$	5
Cosinus de Hann[1]	HANN	$F(Y,Z)=1-S1+S1\cos\pi\rho^2$	6
Cosinus à la puissance N	COSPUI	$F(Y,Z)=\left\{\cos\left[\frac{\pi}{2}\rho\right]\right\}^{S1}$	10
Blackman	BLACKM	$F(Y,Z)=0.42+0.5\cos\pi\rho^2+0.08\cos 2\pi\rho^2$	7
Super-Lorentzienne	SLORTZ	$F(Y,Z)=1\ /\ \left(1+\rho^{S1}\right)$	11
Cosinus tronqué	COSITR	$F(Y,Z)=S1+(1-S1)\cos\left[\frac{\pi}{2}\rho^2\right]$ si $\rho\le 1$ et 0 sinon	12
Triangle	TRIANG	$F(Y,Z)=1+(S1-1)\rho$ si $\rho\le 1$ et 0 sinon	13
Fenêtre de Tukey	TUKEY	$F(Y,Z)=1$ si $\rho<S1$ $F(Y,Z)=\frac{1}{2}\left\{1+\cos\left[\pi\frac{\rho-S1}{1-S1}\right]\right\}$ si $S1\le\rho\le 1$ $F(Y,Z)=0$ si $\rho>1$	14
Kaiser	KAISER	$F(Y,Z)=I_0\left[\pi S1\sqrt{1-\rho^2}\right]\Big/ I_0[\pi S1]$ si $\rho\le 1$ et 0 sinon	15
Cosinus YZ	COSINP	$F(Y,Z)=\frac{1}{4}\left\{1+\cos\left[2\pi\frac{Y}{R1}+S1\right]\right\}\left\{1+\cos\left[2\pi\frac{Z}{R2}+S2\right]\right\}$	16
Loi de luminance solaire de Jose	SOLJOS	$F(Y,Z)=S1+(1-S1)\sqrt{1-\rho^2}$ si $0\le\rho\le 1$ et 0 sinon	18
Loi de luminance de Kamada	SOLKAM	$F(Y,Z)=\cos\left(S1\,\rho^2\right)$ si $0\le\rho\le 1$ et 0 sinon	19

Où: $\rho=\sqrt{\left(\frac{Y}{R1}\right)^2+\left(\frac{Z}{R2}\right)^2}$.

- sinc(x) est la fonction sin(x)/x dite "sinus cardinal."

- I_0(x) est la fonction de Bessel de type I et d'ordre 0.

[1] En choisissant des valeurs de S1 respectivement égales à 0.5 et 0.46, on retrouve les formules d'apodisation de Hanning et de Hamming.

2.4 SURFACES SPECIALES

Vous trouverez dans ce chapitre un certain nombre de surfaces ou de propriétés optiques ou mécaniques prédéfinies, plus complexes que celles du volume 1: lentille mince fictive (LENTIL), araignée de support (NPODE), miroirs coniques hors d'axe (MIRHAX), coins et creux de cube (CRCUB), guides d'onde et concentrateurs CPC (GUIDE)… Toutes ces possibilités n'ont malheureusement pas pu être détaillées ici, mais elles sont résumées dans le tableau suivant. Des fiches détaillées pourront être rajoutées ultérieurement, en fonction des demandes des utilisateurs.

MOT-CLE	SURFACE OPTO-MECANIQUE	Sous-programme/ Numéro	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
LENTIL	Lentille mince fictive	LENTIL/19	Oui
NPODE	Araignée à N pattes (support de miroir)	NPODE/101	Oui
PYRAM4	Miroir pyramidal à 4 faces (mode séquentiel uniquement)	PYRAM4/102	Oui
MIRHAX	Miroir conique décentré (parfois dit "off-axis")	MIRHAX/107	Oui
DEPHAS	Introduction d'un déphasage achromatique	DEPHAS/114	Oui
PATMOS	Calcul de perturbations atmosphériques	SEEING/68	Non
CCUBE	Coin de cube (calcul réel effectué en mode non séquentiel)	CCUB/105	Non
CRCUB	Creux de cube (calcul réel effectué en mode non séquentiel)	CCUB/106	Non
CCPLAN	Coin de cube fictif (calcul théorique effectué en mode séquentiel: moins réaliste, mais beaucoup plus rapide que les deux précédents)	CCPLAN/108	Non
GUIDE	Guide d'onde	GUIDE/111	Non
LECZMX	Ensemble de surfaces optiques définies dans un fichier ZEMAX (de type ***.zmx***), lu et inséré dans le système optique COSAC	LECZMX/181	Non

MOT-CLE **LENTIL**

Sous-programme LENTIL
Numéro 19

ROLE Place une lentille mince fictive (et supposée sans aberrations) dans le système optique, et infléchit les rayons en conséquence. Est utile pour passer d'un faisceau parallèle à un faisceau convergent, et réciproquement.

SYNTAXE **>LENTIL R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 (I1)**

PARAMETRES
R1 Coordonnée en X du centre de la lentille dans le repère courant.
R2 Coordonnée en Y du centre de la lentille dans le repère courant.
R3 Coordonnée en Z du centre de la lentille dans le repère courant.
R4 Angle autour de l'axe Z (ou azimut) de la normale à la lentille.
R5 Angle autour de l'axe Y (ou hauteur) de la normale à la lentille.
R6 Angle autour de l'axe X de la normale à la lentille.
R7 Distance focale de la lentille.
R8 Indice de réfraction du milieu suivant la lentille.
I1 Entier optionnel, utilisable pour inverser le sens de propagation des rayons après la lentille. Si I1 = 0, le sens reste inchangé. Dans tous les autres cas, il est inversé. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>LENTIL 0. 0. 0. 0. 0. 0. 100. 1.**

C'est une lentille mince fictive de 100. mm de focale, centrée sur l'axe optique, placée dans l'air.

NOTA COSAC utilisant les refocalisations (et donc les polynômes de Zernike) pour ce calcul, il est nécessaire, dans le cas où le faisceau incident est parallèle (objet à l'infini), de forcer le programme à calculer les polynômes sur la surface de la lentille plutôt que sur le faisceau conique des rayons (ce qu'il ferait par défaut). Dans ce cas particulier, il est souhaitable d'écrire l'instruction LENTIL "en sandwich" comme suit:

>TYPZER 1
>LENTIL etc…
>TYPZER 0

Pour plus d'explications, se reporter au mot clé TYPZER. Il n'y a pas de précautions spéciales à prendre dans les autres cas.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration de masque possible.
2) Pas de loi de variation d'indice possible.
3) Pas d'association de fichiers défauts (surface ou phase) possible.
4) 0 ou 1 association de fichiers-apodisation possible.

MOT-CLE **NPODE**

Sous-programme NPODE
Numéro 101

ROLE Place une araignée à N pattes dans le système optique (voir schéma ci-dessous).

SYNTAXE

>S(_XXX)	**X**	**Y**	**Z**	**θX**	**θY**	**θZ**	
>NPODE	**I1**	**R1**	**R2**	**I2**	**R3**	**R4**	**R5**

NOTA Les coordonnées du NPODE dans le repère courant (coordonnées X, Y, Z et angles θX, θY, θZ) doivent obligatoirement être définis au préalable à l'aide d'une ligne commençant par **S** (le mot-clé ne dispose pas de suffisamment de paramètres pour tout spécifier sur une seule ligne). Dans le **volume 1**, vous avez déjà vu cette syntaxe optionnelle des instructions MIROIR et DIOPTR. Ici, elle devient obligatoire.

PARAMETRES

I1 Nombre de pattes de l'araignée.
R1 Cote en X du premier cercle sur lequel s'appuient les pattes de l'araignée dans le repère courant.
R2 Cote en X du second cercle sur lequel s'appuient les pattes de l'araignée dans le repère courant.
I2 Si I2 > 0, les pattes de l'araignée constituent la zone bloquante. Si I2 < 0, les rayons ne passent qu'au travers des pattes.
R3 Rayon du premier cercle sur lequel s'appuient les pieds de l'araignée.
R4 Rayon du second cercle sur lequel s'appuient les pieds de l'araignée.
R5 Largeur des pattes de l'araignée.

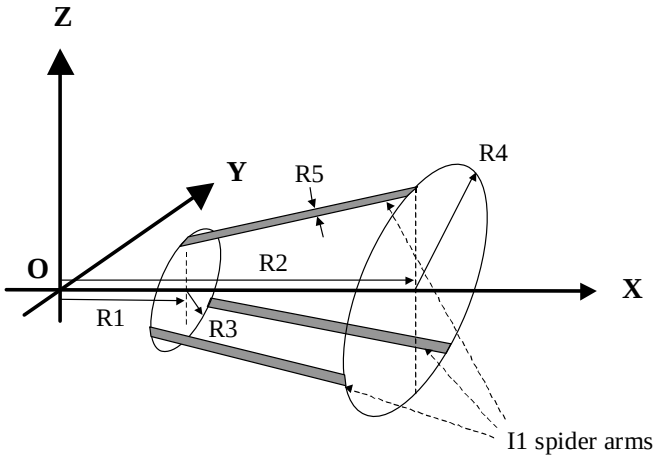
EXEMPLE

>S	**0.**	**0.**	**0.**	**0.**	**0.**	**3141.59265**		
>NPODE	**3**	**1116.3**		**208.661**		**1**	**79.**	**384.**	**20.**

C'étaient les paramètres du tripode qui supportait le miroir secondaire du télescope ISO.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES Pas de déclaration de masque possible.



MOT-CLE **PYRAM4**

Sous-programme PYRAM4
Numéro 102

ROLE

Place un miroir pyramidal à quatre faces dans le système optique (voir schéma ci-dessous). Attention! Il ne s'agit pas ici d'un objet optique non séquentiel: les rayons ne peuvent se réfléchir que sur une seule des quatre faces, prédéfinie par l'utilisateur.

SYNTAXE

>S(_XXX) X Y Z θX θY θZ
>PYRAM4 I1 R1 R2 R3

NOTA Les coordonnées du PYRAM4 dans le repère courant (coordonnées X, Y, Z et angles θX, θY, θZ) doivent obligatoirement être définis au préalable à l'aide d'une ligne commençant par **S** (même remarque que pour l'instruction NPODE).

PARAMETRES

I1 Numéro de la face choisie du miroir pyramidal:
- I1 = 1 réflexion vers +Z
- I1 = 2 réflexion vers +Y
- I1 = 3 réflexion vers -Z
- I1 = 4 réflexion vers -Y

R1 Cote en X du plan sommital du miroir pyramidal dans le repère courant.
R2 Cote en X du plan de base du miroir pyramidal dans le repère courant.
R3 Longueur de la base du miroir pyramidal.

EXEMPLE

>S 0. 0. 0. 0. 0. 0.
>PYRAM4 4 7.5 51.127 52.

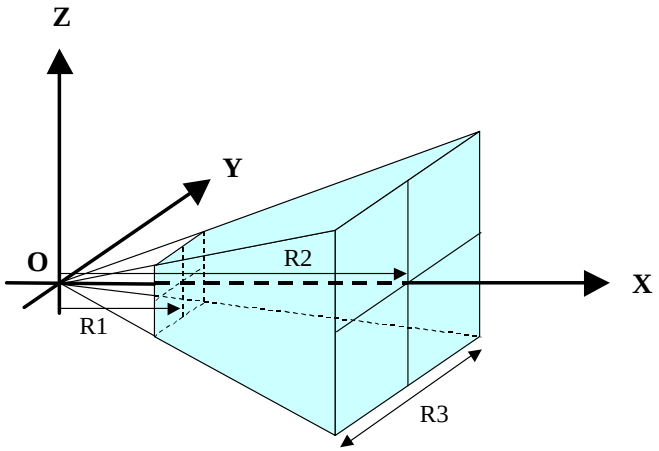
C'étaient les paramètres du miroir pyramidal à quatre faces du télescope ISO, qui séparait la lumière vers les quatre instruments scientifiques (ISOCAM, LWS, SWS, et ISOPHOT).

EMPLACEMENT

Après PUPILL.

PARTICULARITES

1) Pas de déclaration de masque possible.
2) Pas d'association de fichiers-défauts (surface ou phase) possible.
3) Pas d'association de fichiers-apodisation possible.



MOT-CLE **MIRHAX** Sous-programme MIRHAX
Numéro 107

ROLE Place un segment de miroir conique[1] décentré (parfois dit "off-axis") dans le système optique, et réfléchit les rayons tracés. Le milieu image est supposé identique au milieu objet et le sens des rayons est automatiquement inversé. Cette instruction est intéressante car elle épargne à l'utilisateur le soin d'introduire lui-même les nombreux changements de repère nécessaires pour modéliser un tel miroir (voir figure page suivante).

SYNTAXE
>MIRHAX R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8
>MASQUE R9 R10

NOTA Cette instruction doit être écrite sur deux lignes. Sur la première, vous retrouvez tous les paramètres du mot-clé MIROIR (voir le **volume 1**). Sur la deuxième ligne, on utilise le mot-clé MASQUE (également défini dans le **volume 1**) pour définir les valeurs "off-axis" du segment de conique décentré.

PARAMETRES
R1 Coordonnée en X du centre du segment de miroir dans le repère courant.
R2 Coordonnée en Y du centre du segment de miroir dans le repère courant.
R3 Coordonnée en Z du centre du segment de miroir dans le repère courant.
R4 Angle autour de l'axe Z (ou azimut) de la normale au segment de miroir.
R5 Angle autour de l'axe Y (ou hauteur) de la normale au segment de miroir.
R6 Angle autour de l'axe X de la normale au segment de miroir.
R7 Rayon de courbure du miroir entier (du sommet au centre de courbure). Par définition, R7 = 0. signifie que le miroir est plan (mais cette instruction perd beaucoup de son intérêt dans ce cas…).
R8 Coefficient d'asphérisation du miroir. N'influe pas dans le cas d'un miroir plan (même remarque).
R9 Valeur de décentrage suivant l'axe Y du segment de miroir conique considéré.
R10 Valeur de décentrage suivant l'axe Z du segment de miroir conique considéré.

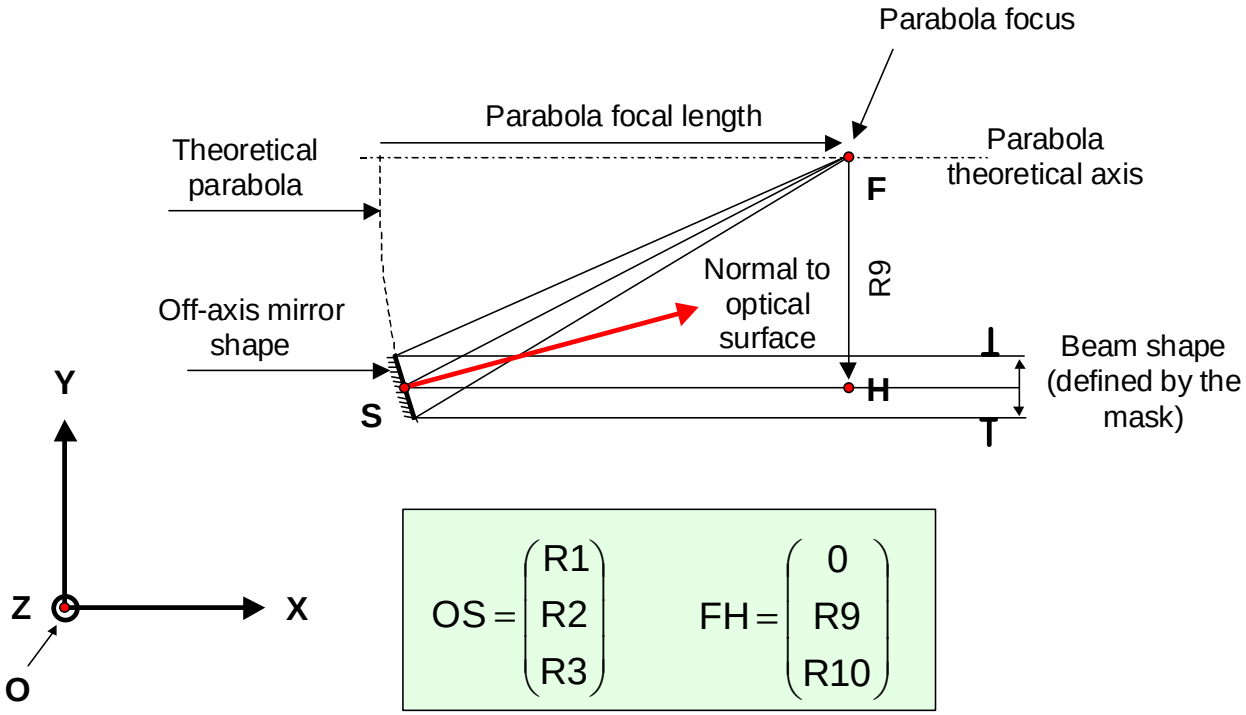
EXEMPLE
>MIRHAX 0. 0. 0. 0. 0. 0. 863.147 -1.
>MASQUE -130.667 0.
>CERCLE 1 49.5

C'est le premier miroir parabolique "off-axis" du télescope afocal placé à l'entrée de l'interféromètre IASI. Il est ici placé à l'origine, sans défauts d'alignement. Son rayon de courbure est de 863.147 mm et son coefficient d'asphérisation est bien entendu égal à -1. La valeur "off-axis" du segment de parabole est de 130.667 mm (dans la direction –Y) et il possède une section réfléchissante circulaire de 99. mm de diamètre.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration de masque possible (mais l'instruction n'a de sens qu'en présence d'un masque).
2) Compatible avec les mots-clé de "propriétés spéciales" CYLIND et RESEAU.
3) 0 ou 1 association de fichiers-défauts (surface ou phase) possible.
4) 0 ou 1 association de fichiers-apodisation possible.

[1] Au sens mathématique du terme: c'est-à-dire que le miroir peut être parabolique, hyperbolique ou elliptique.



MOT-CLE **DEPHAS**

Sous-programme DEPHAS
Numéro 114

ROLE Introduit un déphasage achromatique fixe sur tous les rayons du faisceau tracé par COSAC.

SYNTAXE **>DEPHAS R1**

PARAMETRES R1 Valeur du déphasage achromatique en nombre fractionnaire de la longueur d'onde λ définie auparavant dans le fichier ***.dat***.

EXEMPLE **>DEPHAS 0.5**

C'est un déphasage achromatique égal à λ/2, composant typique et indispensable pour un interféromètre à frange noire.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

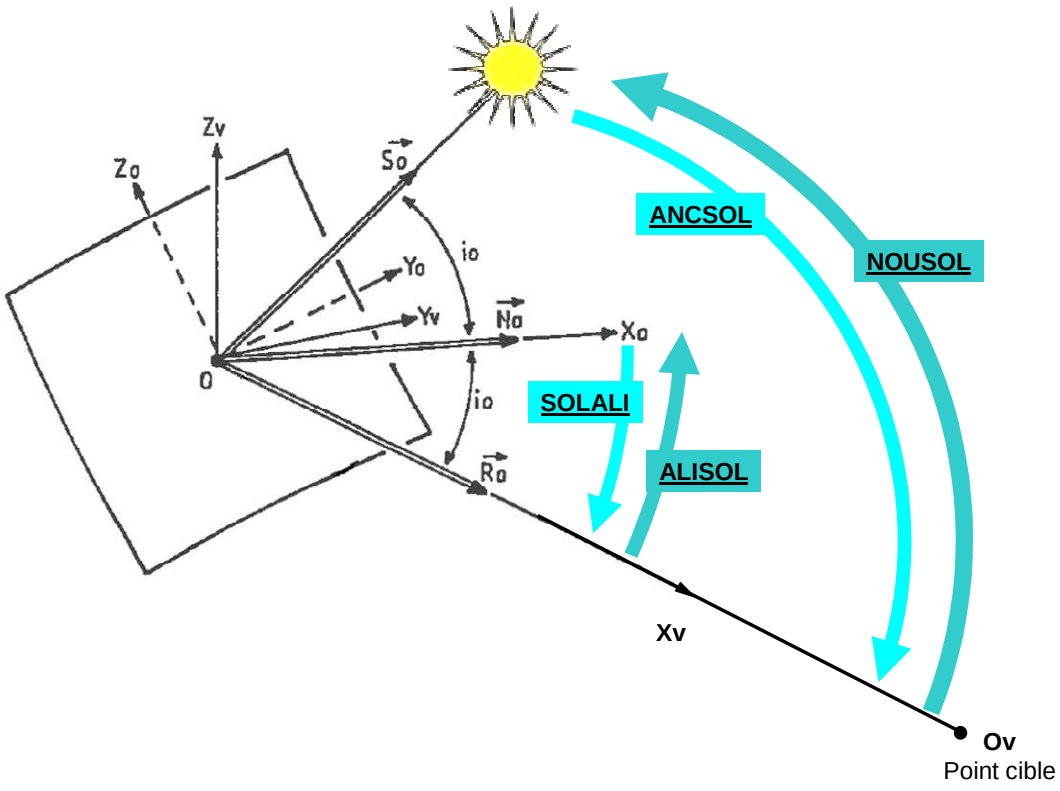
PARTICULARITES
1) Nécessite une définition préalable de la longueur d'onde (LAMBDA ou SIGMA).
2) Pas déclaration de masque possible.
3) Pas d'associations de fichiers défauts ou apodisation possibles.

2.5 CHANGEMENTS DE REPERE ASSERVIS

On présente ici cinq nouvelles instructions de changement de repère, complémentaires de celles qui sont décrites dans le **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**, § 4.2.

- NOUSOL : l'utilisateur impose que toutes les surfaces optiques suivantes seront définies dans un nouveau repère dirigé vers le Soleil.
- ANCSOL : l'utilisateur impose que toutes les surfaces optiques précédentes étaient définies dans un ancien repère dirigé vers le Soleil.
- ALISOL : l'utilisateur impose que toutes les surfaces optiques suivantes seront définies dans un nouveau repère dirigé suivant la bissectrice du vecteur Soleil et d'un vecteur dirigé vers un point-cible.
- SOLALI : l'utilisateur impose que toutes les surfaces optiques précédentes étaient définies dans un nouveau repère dirigé suivant la bissectrice du vecteur Soleil et d'un vecteur dirigé vers un point-cible.
- INVSOL : annulation / inversion automatique de n'importe lequel des changements de repère précédents, à l'aide de son numéro de surface (rappelez-vous, les changements de repère sont considérés comme des surfaces optiques à part entière).

La différence entre les quatre types de changements de repère est illustrée dans le schéma ci-dessous. Bien que les calculs soient effectués de la même façon que dans le Volume 1, les paramètres d'entrée sont ici assez différents (voir pages suivantes). On présente aussi le mode de fonctionnement ALTAZ (monture altazimutale), fréquemment associé aux systèmes optiques asservis.



MOT-CLE **NOUSOL / ANCSOL** Sous-programme CHASOL
Numéro 37

ROLE Transforme toutes les caractéristiques du faisceau de rayons (points d'impact, cosinus directeurs) de manière à ce qu'elles soient exprimées dans un nouveau repère O'X'Y'Z' dirigé vers le Soleil (NOUSOL), ou réalise le changement de repère inverse (ANCSOL).

SYNTAXE **>NOUSOL R1 I1 R2 C1 C2**
>ANCSOL R1 I1 R2 C1 C2

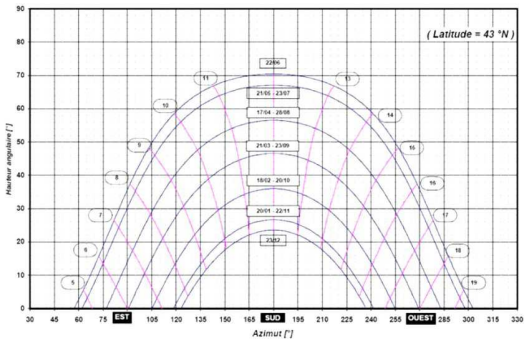
PARAMETRES
R1 Longitude du site d'observation terrestre (degrés).
I1 Fuseau horaire du site d'observation terrestre.
R2 Latitude du site d'observation terrestre (degrés).
C1 Chaîne de caractères définissent la date locale sous la forme JJ/MM/AAAA.
C2 Chaîne de caractères définissent l'heure locale sous la forme HH:MM:SS.

EXEMPLE **>ANCSOL 0. 0 45. 24/04/2012 15:00:00**

Vous n'êtes pas très loin du centre de la France, et il est 15h00 en cette belle journée du 24 avril 2012. Vous venez de calculer la position du Soleil dans le ciel dans le repère local Sud / Est / Zénith, avant de passer dans un nouveau repère pointé sur le Soleil.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
1) Voir le **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**, § 4.2.
2) Peut être inversé par l'instruction INVREP du volume 1.



MOT-CLE **ALISOL / SOLALI** Sous-programme ALISOL
Numéro 38

ROLE Transforme toutes les caractéristiques du faisceau de rayons (points d'impact, cosinus directeurs) de manière à ce qu'elles soient exprimées dans un nouveau repère O'X'Y'Z' dirigé suivant la bissectrice du vecteur Soleil et d'un vecteur dirigé vers un point-cible (ALISOL), ou réalise le changement de repère inverse (SOLALI).

SYNTAXE
>ALISOL R1 I1 R2 C1 C2 R3 R4 R5
>SOLALI R1 I1 R2 C1 C2 R3 R4 R5

PARAMETRES
R1 Longitude du site d'observation terrestre (degrés).
I1 Fuseau horaire du site d'observation terrestre.
R2 Latitude du site d'observation terrestre (degrés).
C1 Chaîne de caractères définissent la date locale sous la forme JJ/MM/AAAA.
C2 Chaîne de caractères définissent l'heure locale sous la forme HH:MM:SS.
R3 Coordonnée du point cible suivant l'axe X (mm).
R4 Coordonnée du point cible suivant l'axe Y (mm).
R5 Coordonnée du point cible suivant l'axe Z (mm).

EXEMPLE
>ALISOL 0. 0 45. 24/04/2012 15:00:00 1000. 0. 0.
>MIROIR 0. 0. 0. 0. 0. 0. -200000. -1.

Vous êtes au même endroit et au même instant. Après calcul de la position du Soleil, vous passez dans un nouveau repère qui orientera automatiquement le MIROIR qui suit de manière à réfléchir les rayons du Soleil vers un point-cible dirigé suivant la direction horizontale Nord Sud.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
3) Voir le **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**, § 4.2.
4) Peut être inversé par l'instruction INVREP du volume 1.

MOT-CLE **INVSOL**

Sous-programme INVSOL
Numéro 39

ROLE Applique la transformation inverse d'un changement de repère asservi défini plus haut dans le fichier ***.dat***, qui est donc annulé.

SYNTAXE **>INVSOL I1**

PARAMETRES I1 Numéro de surface attribué au changement de repère asservi à annuler.

EXEMPLE **>INVSOL 8**

Applique le changement de repère inverse de celui défini dans la surface n° 8.

EMPLACEMENT Après PUPILL, et après le changement de repère asservi à annuler.

PARTICULARITES Les numéros des changements de repère asservis à inverser doivent obligatoirement correspondre à des instruction NOUSOL, ANCSOL, ALISOL ou SOLALI. **INVSOL ne peut pas inverser les changements de repère définis dans le volume 1**.

L'instruction ALTAZ peut être fort utile dans le cas des changements de repère asservis. On sait en effet que par défaut les rotations d'un changement de repère COSAC sont effectuées dans l'ordre R4, R5, R6 (voir le paragraphe 4.2 du volume 1 et le schéma ci-dessous), soit azimut, hauteur et roulis. ALTAZ permet de changer cet ordre en R5, R4, R6 qui correspond au cas d'une monture mécanique altazimutale, la plus répandue sur les miroirs concentrateurs d'énergie solaire et les grands télescopes astronomiques actuels.

MOT-CLE **ALTAZ** Sous-programme IALTA
Numéro 144

ROLE Définit l'ordre des rotations de tout type de changements de repère COSAC.

SYNTAXE **>ALTAZ (I1)**

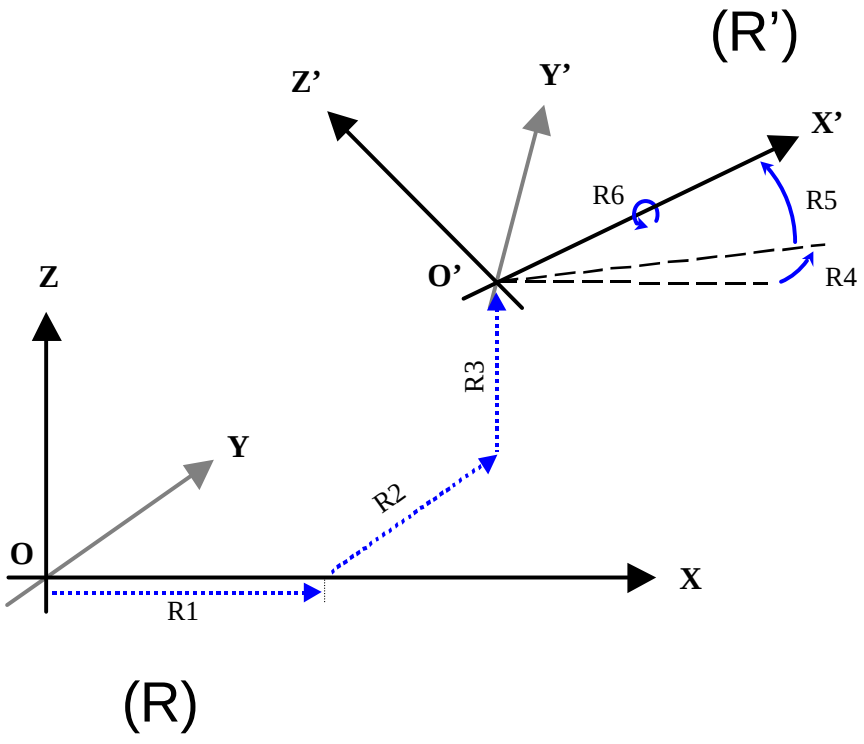
PARAMETRES I1 Type de l'ordre des rotations. Si I1 = 0, la rotation en azimut est effectuée avant la rotation en hauteur. Dans le cas contraire, cet ordre est inversé. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE
```
>ALTAZ    1
>ALISOL   0.   0    45.   24/04/2012   15:00:00   1000.   0.   0.
>MIROIR   0.   0.   0.    0.    0.     0.     -200000.    -1.
```

Définit une monture altazimutale pour le miroir qui suit.

EMPLACEMENT Avant le changements de repère concerné (incluant aussi ceux du volume 1).

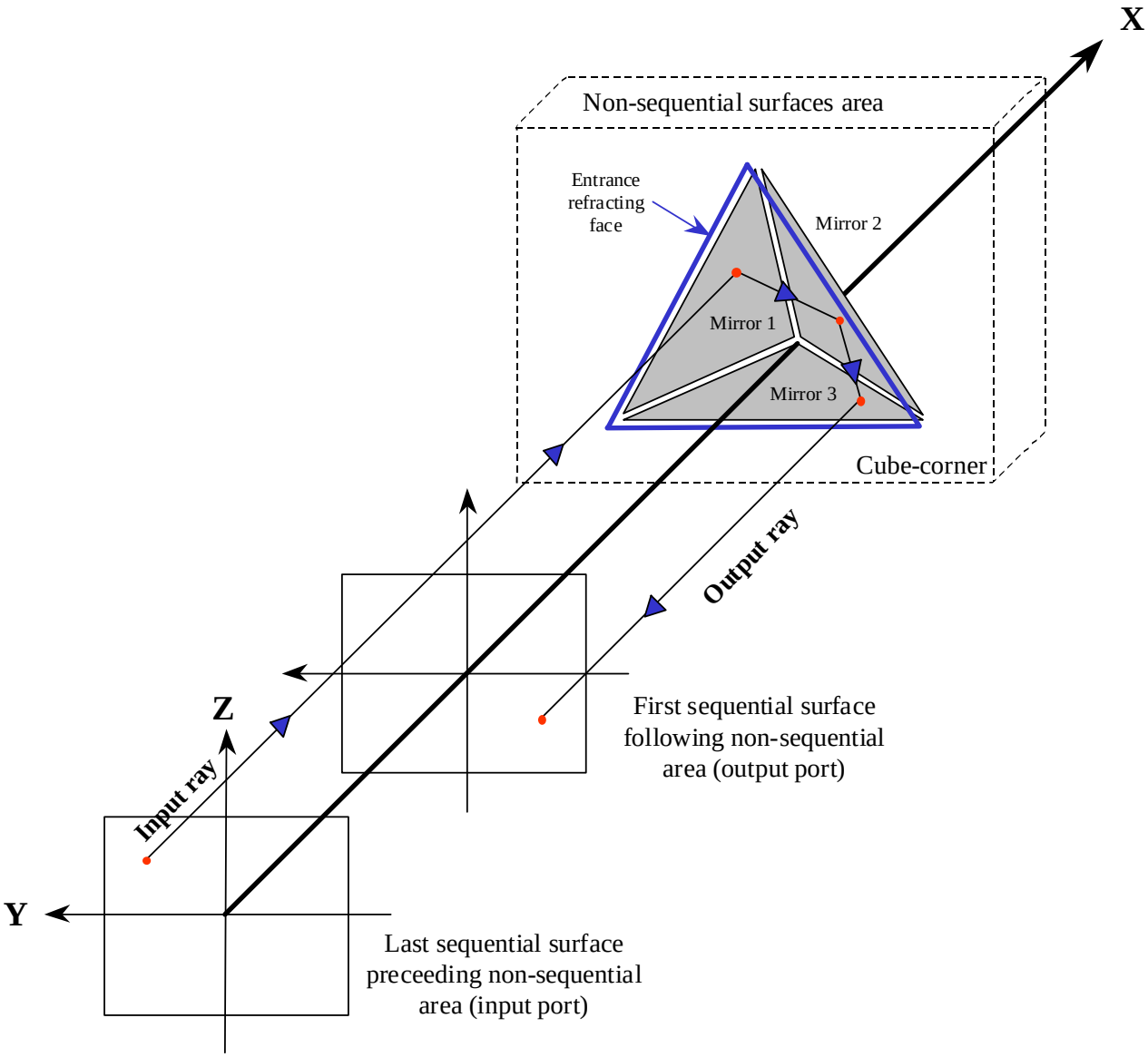
PARTICULARITES Plusieurs instructions ALTAZ (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.



2.6 TRACE DE RAYON NON-SEQUENTIEL

2.6.1 Cas général

COSAC offre un mode de tracé de rayon non-séquentiel qui a déjà été évoqué dans la **Présentation générale** (plus précisément dans son paragraphe 4.4.2, où il était illustré par l'exemple "simple" du coin de cube). Il est vivement conseillé de relire ce paragraphe (dont est extraite la Figure ci-dessous), et en particulier les précautions à prendre sur les surfaces d'entrée et de sortie de la zone non-séquentielle (nous y reviendrons plus loin).



Sans insister plus longtemps sur le principe, donnons quelques indications pratiques sur la manière d'utiliser ce mode de tracé de rayon. Vous constaterez qu'il peut s'appliquer à bien d'autres cas (par exemple pour modéliser des prismes plus ou moins compliqués), mais il faut respecter les règles suivantes dans le fichier ***.dat***:

1) Le mode de calcul "par défaut" du logiciel est le tracé de rayon séquentiel. En particulier, des définitions telles qu'OBJET/SOURCE et PUPILL n'ont de sens qu'en mode séquentiel, et sont indispensables au fonctionnement du logiciel quel que soit le mode de tracé de rayon défini par la suite (ils servent à "lancer" les faisceaux des rayons).
2) Mais, une fois que tous les faisceaux des rayons ont été "lancés", il est possible de définir une "zone de tracé de rayon non-séquentiel". Le commencement de cette zone est marqué par l'apparition du mot-clé TRANSQ dans le fichier ***.dat***.
3) La liste des surfaces incluses dans la zone de tracé de rayon non-séquentiel doit impérativement se terminer par le mot-clé FINNSQ dans le fichier ***.dat***.
4) Toutes les surfaces optiques (MIROIR, DIOPTR, PLAN, etc…) qui sont comprises entre les mots-clé TRANSQ et FINNSQ sont alors considérées comme faisant partie de la zone de tracé de rayon non-séquentiel. La zone peut inclure autant de surfaces qu'autorisé par les limites de COSAC (voir la **Présentation générale**).
5) A l'intérieur de cette zone, COSAC détermine lui-même, rayon après rayon, la plus proche surface atteinte, et réfléchit, réfracte, ou bloque le rayon suivant la nature de la surface. Ce processus se poursuit jusqu'à ce qu'aucun rayon ne puisse plus atteindre aucune surface de la zone non-séquentielle (le plus souvent, parce qu'elles sont toutes situées "derrière"). C'est pourquoi les temps de calcul ralentissent considérablement par rapport au mode séquentiel.
6) Aucun changement de repère n'est accepté à l'intérieur de la zone non-séquentielle: le repère qui y est utilisé est le repère courant qui précède immédiatement le mot-clé TRANSQ, et toutes les surfaces optiques de la zone non-séquentielle lui seront rapportées. Il vous faudra attendre la fin de la zone (FINNSQ) pour pouvoir changer à nouveau le repère courant.
7) Ensuite, COSAC revient dans son mode de calcul par défaut, c'est-à-dire le séquentiel. Toutes les surfaces trouvées après le mot-clé FINNSQ seront traitées de cette manière.
8) On peut d'introduire plusieurs zones non-séquentielles (chacune encadrée par les deux mots-clé TRANSQ et FINNSQ) dans un même fichier ***.dat***.
9) Enfin, rien n'interdit de forcer COSAC à traiter la quasi-totalité des surfaces optiques du fichier ***.dat*** en mode non séquentiel, pourvu que les conditions suivantes soient respectées:
   - ✓ la liste des surfaces doit être encadrée par les deux mots-clé TRANSQ et FINNSQ,
   - ✓ les faisceaux des rayons doivent être définis avant TRANSQ (grâce à OBJET/SOURCE et PUPILL),
   - ✓ et au moins une surface optique "séquentielle" doit figurer après FINNSQ (par exemple un PLAN), afin de recueillir les rayons ayant réussi à traverser le système.

   Bien entendu, il faut alors s'attendre à des temps de calcul fort longs, comparables à ceux des logiciels commerciaux de calcul de lumière parasite…

MOT-CLE **TRANSQ** Sous-programme EXENSQ
Numéro 103

ROLE Signale le début d'une zone de tracé de rayon non-séquentiel.

SYNTAXE **>TRANSQ (I1)**

PARAMETRES I1 Option pour sortie. Si I1 = 0, COSAC autorise l'écriture dans le fichier ***.out*** de résultats de calculs intermédiaires effectués à l'intérieur de la zone non-séquentielle (voir instruction SUIVRE). Dans le cas contraire, aucun de ces résultats ne peut apparaître. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE

```
>TRANSQ    1
>DIOPTR    63.640   0.      0.      0.      0.      0.      0.      0.      -1
>MILIEV    ZNSE     SPECIAL          CODE5
>TRIANG    1        -90.    45.     77.9423 -90.
>MIROIR    31.8198  19.4856 11.25   -785.39816      -615.47971      0.      0.      0.
>TRIANG    1        -38.9711        38.9711         77.9423         45.
>MIROIR    31.8198  -19.4856 11.25  -2356.19449     -615.47971      0.      0.      0.
>TRIANG    1        -38.9711        38.9711         77.9423         45.
>MIROIR    31.8198  0.      -22.5   0.      955.31662       0.      0.      0.
>FINNSQ
```

Qu'est-ce que cela ? En fait, un simple coin de cube en ZnSe, de 135 mm de hauteur, qui (comme tout coin de cube bien élevé) réfléchit un faisceau incident parallèlement à lui-même. Remarquez que la zone non-séquentielle comprend 4 surfaces comprises entre les deux mots-clés TRANSQ et FINNSQ (1 dioptre et 3 miroirs de sections triangulaires), dont les coordonnées sont toutes exprimées dans le même repère. Notez également que le dioptre joue à la fois le rôle de face d'entrée et de sortie de la zone non-séquentielle, et contemplez à nouveau la figure reproduite deux pages plus haut pour vous en convaincre. Vous pourrez retrouver cet exemple dans le fichier ***test10.dat***.

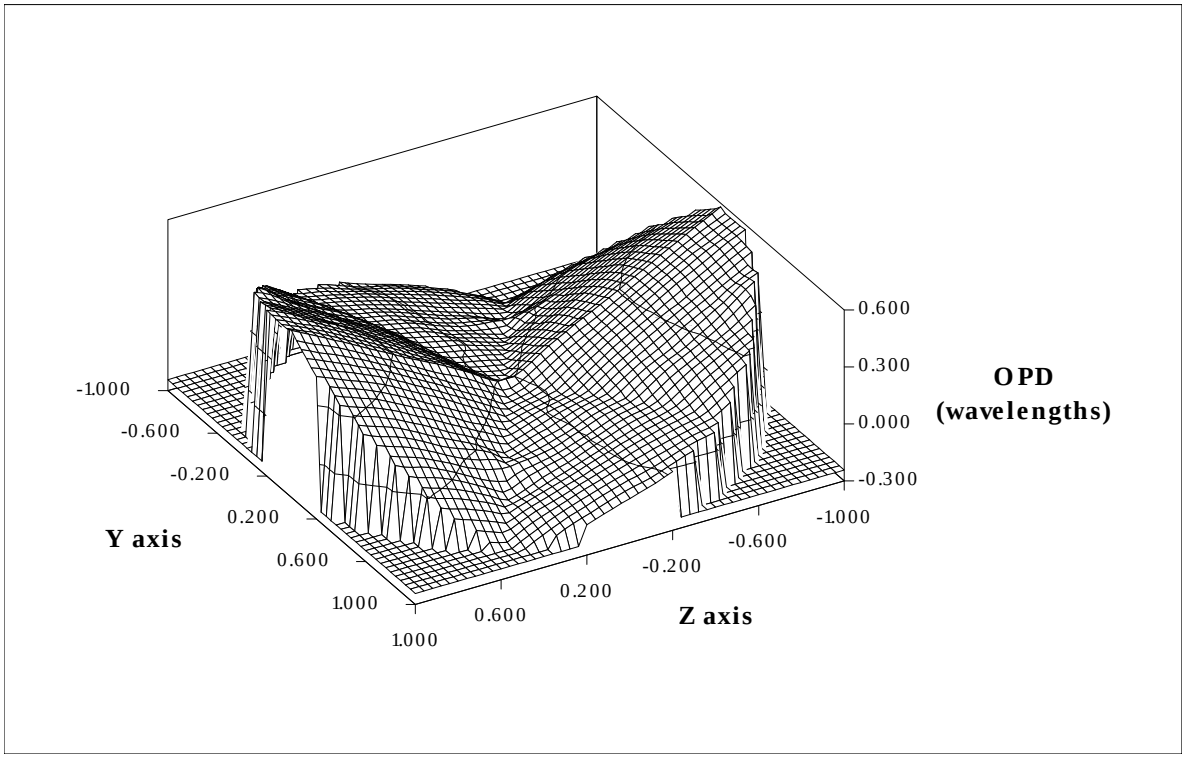
Vous verrez également sur la page suivante l'exemple d'une surface d'onde réfléchie par un coin de cube du même type[1], auquel on a ajouté des défauts angulaires (en changeant légèrement les valeurs idéales des angles données ci-dessus) et des défauts de surface (instruction DEFFIC) sur les trois faces triangulaires internes. Instructif, non ?

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
1) Aucune déclaration de masque, "propriétés spéciales", fichiers-défauts ou apodisation ne peut être directement associée à TRANSQ.
2) Par contre, toutes les déclarations précédentes peuvent être utilisées sur les surfaces optiques définies dans la zone non-séquentielle (sous réserve que cela soit autorisé sur ces surfaces elles-mêmes).
3) Liste (provisoire) des surfaces optiques autorisées dans la zone non-séquentielle: MIROIR, DIOPTR, PLAN, MIRHAX et GUIDE.

[1] Calculée grâce à l'instruction DIFMAR, sauvegardée dans un fichier externe avec DCOFIC, et représentée graphiquement sous MS EXCEL.

PTV = 0.809 λ RMS = 0.184 λ λ = 8 μm



MOT-CLE **FINNSQ** Sous-programme EXENSQ
Numéro 104

ROLE Signale la fin d'une zone de tracé de rayon non-séquentiel.

SYNTAXE **>FINNSQ**

PARAMETRES Aucun.

EXEMPLE Voir l'exemple précédent (TRANSQ).

EMPLACEMENT Après PUPILL et au moins une instruction TRANSQ.

PARTICULARITES Voir les particularités de l'instruction précédente (TRANSQ).

Mode non-séquentiel: quelques conseils pour finir…

- Attention ! Le mode non-séquentiel est extrêmement sensible au sens des rayons: si vous avez défini un sens des rayons incorrect au début du fichier ***.dat*** (par exemple, les rayons se propagent de la pupille vers l'objet alors que vous souhaitiez le contraire), il pourra en résulter des catastrophes (messages d'erreur, arrêt du programme suite au blocage de tous les rayons..). C'est une différence notable avec le mode séquentiel, où une telle erreur sera moins lourdement sanctionnée: en général, le programme va jusqu'au bout avec des résultats justes (mais parfois affectés d'erreurs de signe).
- Insistons sur le point précédent: si aucun rayon n'émerge de votre zone de surfaces non-séquentielle en l'absence de tout autre message d'erreur explicite, cela est très probablement du à l'une des deux causes suivantes:
  - ✓ A partir de la dernière surface optique précédent l'instruction TRANSQ, le faisceau des rayons se dirige à l'opposé de la zone de tracé de rayon non-séquentiel (celle-ci est située "derrière"). Dans ce cas aucun rayon ne peut l'atteindre, et ils seront tous automatiquement bloqués par COSAC[1].
  - ✓ La zone non-séquentielle elle-même comporte des surfaces optiques mal définies. Exemple typique: un DIOPTR dont les milieux d'entrée et de sortie sont inversés (voir **Mode d'emploi détaillé, vol. 1**, § 4.1.1).

REMARQUE

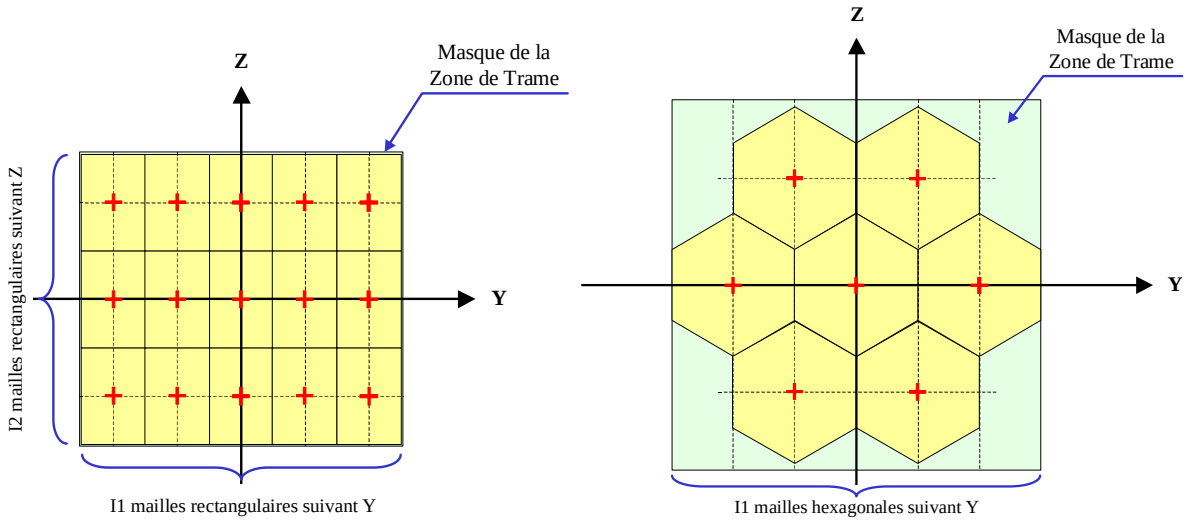
Comme vous commencez à vous en douter, le mode de tracé de rayon non-séquentiel n'est pas une sinécure. C'est pourquoi j'ai été amené à introduire dans COSAC certains mots-clé définissant quelques objets non-séquentiels typiques "en abrégé" (par exemple les coins et les creux de cube). Mais ce travail est loin d'être terminé…

[1] C'est un choix délibéré de programmation: il était parfaitement envisageable de laisser les rayons parcourir la suite du système optique, et donner ainsi à l'utilisateur l'illusion qu'ils avaient réussi à traverser la zone non-séquentielle. Cela ne m'a pas paru souhaitable.

2.6.2 Zone de trame

COSAC offre également un mode de tracé de rayon non-séquentiel simplifié, dans une “zone de trame”. Il ne s’applique que dans des conditions très restrictives, qui sont les suivantes:

- La surface d’entrée de la zone de trame est une surface fictive plane (équivalente à une instruction PLAN)
- Toutes les surfaces optiques de cette zone de trame sont disposées suivant un maillage régulier de ce plan. Le maillage est défini au moyen d’une instruction supplémentaire du même type que celles utilisées pour PUPILL (voir le **Mode d’emploi détaillé, vol. 1**, § 3.1.3). Actuellement seuls les mots-clés GRILLE et HEXAG sont autorisés, ce qui produit les maillages représentés ci dessous
- Il faut également associer un masque à la zone de trame, qui en définit les contours (à l’extérieur de ces contours, les rayons sont perdus)
- Toutes les surfaces optiques de la zone de trame sont identiques sur le maillage du plan d’entrée et au-delà, jusqu’à la fin de la zone de trame. Elles sont simplement “recentrées” sur les différentes mailles
- Toutes les surfaces optiques de la zone de trame sont considérées comme des voies indépendantes du système optique, qui sont traitées de manière séquentielle jusqu’à la sortie de la zone de trame. Aucun rayon ne peut “changer de voie” à l’intérieur d’une zone de trame: il peut seulement y être arrêté (sinon, il faut utiliser le mode de tracé de rayon non-séquentiel “pur” décrit au paragraphe précédent)



REMARQUE

Je n’ai trouvé jusqu’à présent que trois exemples concrets (plutôt liés à l’astronomie) où employer la zone de trame: il s’agît des grands miroirs de télescopes segmentés (tel le Keck à Hawaii), des matrices de micro-lentilles couramment employées en optique active ou adaptative, et des systèmes “découpeurs d’image” (“Image Slicers”). Les applications sont donc rares, mais le gain en temps de calcul est significatif par rapport au mode non-séquentiel pur: car d’une part COSAC peut anticiper quelles mailles de la trame les rayons vont atteindre, et d’autre part les calculs redeviennent séquentiels à partir ce moment-là. Par contre, les rayons restent tracés séparément entre les différentes voies, de sorte que les temps de calcul dans une zone de trame restent plus longs qu’en mode séquentiel pur.

Les règles à respecter dans une “zone de trame” ne sont pas très éloignées de celles du cas général de la zone non-séquentielle (voir le paragraphe précédent). Il y a malgré tout quelques différences notables. Reprenons-les ci-dessous:

1) Les définitions telles qu’OBJET/SOURCE et PUPILL restent indispensables au fonctionnement du logiciel quel que soit le mode de tracé de rayon défini par la suite: ils servent à “lancer” les faisceaux des rayons.
2) Une zone de trame peut être définie dès que tous les faisceaux des rayons ont été “lancés”. Le commencement de la zone est marqué par l’apparition du mot-clé TRAME dans le fichier ***.dat***.
3) L’instruction TRAME doit impérativement être accompagnée des deux définitions suivantes:
   - ✓ La définition du type de maillage de la trame, effectuée avec les mêmes mots-clé que pour l’instructions PUPILL (voir le **Mode d’emploi détaillé, vol. 1**, § 3.1.3).
   - ✓ La définition de la surface de la zone de trame, effectuée avec les mêmes mots-clé que pour les définitions de masques (voir le **Mode d’emploi détaillé, vol. 1**, § 4.1.2).
4) La liste des surfaces incluses dans la zone de trame doit impérativement se terminer par le mot-clé FINTRM dans le fichier ***.dat***.
5) Toutes les surfaces optiques (MIROIR, DIOPTR, PLAN, etc…) qui sont comprises entre les mots-clé TRAME et FINTRM sont alors considérées comme faisant partie de la zone de trame. La zone peut inclure autant de surfaces qu’autorisé par les limites de COSAC (voir la **Présentation générale**).
6) COSAC détermine lui-même, rayon après rayon, les mailles atteintes dans le plan d’entrée de la zone de trame. Toutes les surfaces suivantes seront considérées comme identiques sur chacune des voies définies par le maillage d’entrée de la zone[1], et traitées ensuite en mode séquentiel.
7) Contrairement au mode non-séquentiel pur, les changements de repère sont acceptés à l’intérieur de la zone de trame. Mais leurs paramètres seront identiques dans toutes les voies (comme pour toutes les autres surfaces optiques acceptées).
8) A la fin de la zone de trame, COSAC retourne dans son mode de calcul par défaut, c’est-à-dire le séquentiel “pur”: il n’y a plus de séparations entre les différentes voies.
9) Il est possible d’introduire plusieurs zones de trame (chacune encadrée par les deux mots-clé TRAME et FINTRM) dans un même fichier ***.dat***.
10) Enfin, rien n’interdit de forcer COSAC à traiter la quasi-totalité des surfaces optiques du fichier ***.dat*** comme une zone de trame[2], dans les mêmes condition que pour la zone “non-séquentielle” classique (voir paragraphe précédent).

[1] C’est-à-dire qu’elles sont recopiées tout en restant centrées sur leur maille d’entrée.

[2] Exemple: une matrice de micro-lentilles de type Shack-Hartmann.

MOT-CLE **TRAME**

Sous-programme EXETRM
Numéro 112

ROLE Signale le début d'une zone de trame.

SYNTAXE **>TRAME R1 R2 R3 R4 R5 R6 (I1) (C1)**

PARAMETRES
- R1 Coordonnée en X du centre de la zone de trame dans le repère courant.
- R2 Coordonnée en Y du centre de la zone de trame dans le repère courant.
- R3 Coordonnée en Z du centre de la zone de trame dans le repère courant.
- R4 Angle autour de l'axe Z (ou azimut) de la normale à la de la zone de trame.
- R5 Angle autour de l'axe Y (ou hauteur) de la normale à la de la zone de trame.
- R6 Angle autour de l'axe X de la normale à la de la zone de trame.
- I1 Option pour sortie. Si I1 = 0, COSAC autorise l'écriture dans le fichier ***.out*** de résultats de calculs intermédiaires effectués à l'intérieur de la zone de trame. Dans le cas contraire, aucun de ces résultats ne peut apparaître. Par défaut I1 = 0.
- C1 Option, nom d'un fichier externe permettant d'introduire des variations de paramètres géométriques entre les différentes "mailles" de la zone de trame. Des détails sont donnés plus loin.

EXEMPLE

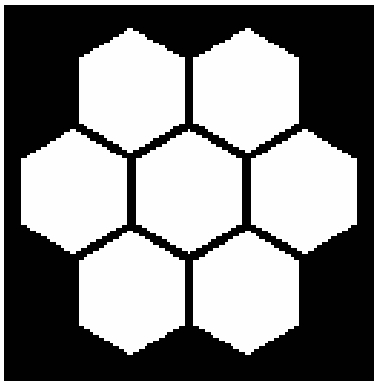
```
>TRAME    0.    0.    0.    0.    0.    0.    test25.txt
>HEXAG    3
>RECTAN   1     3.    3.
>MIRHAX   10.   0.    0.    0.    0.    0.    -20.  -1.
>POLYG    1     0.97  6
>FINTRM
```

Ceci est l'exemple (réduit d'un facteur 1000 en dimensions) d'un paraboloïde de révolution divisé en sept facettes hexagonales (comme représentées sur le schéma suivant). Chaque facette est un segment de parabole "off-axis" (d'où l'utilisation du mot-clé MIRHAX) et possède elle-même un contour hexagonal (mot-clé POLYG). La zone de trame ne comprend ici qu'une seule surface (MIRHAX) comprise entre les deux mots-clés TRAME et FINTRM. Vous pourrez retrouver cet exemple dans le fichier ***test25.dat***.

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
1) Doit impérativement être suivie d'une définition du maillage de la zone de trame (actuellement seules GRILLE et HEXAG sont autorisées, voir **volume 1**, § 3.1.3).
2) Doit impérativement être suivie d'une déclaration de masque définissant les contours de la zone de trame (seuls les masques autorisés pour l'instruction PUPILL peuvent être utilisés, voir **volume 1**, § 4.1.2).
3) Aucune déclaration supplémentaire ("propriétés spéciales", fichiers-défauts, etc…) ne peut être directement associée à TRAME.
4) Par contre, toutes les déclarations de masques, "propriétés spéciales", fichiers-défauts, etc…) peuvent être utilisées sans restrictions sur les surfaces optiques définies dans la zone de trame (sous réserve que cela soit autorisé sur ces surfaces elles-mêmes).
5) Liste (provisoire) des surfaces optiques autorisées dans la zone de trame: MIROIR, DIOPTR, PLAN, NOUREP, ANCREP, MIRHAX[1] et GUIDE.

[1] Dans ce cas précis, COSAC impose que l'axe principal du miroir "off-axis" soit confondu avec l'axe X du repère courant précédant la zone de trame.



Exemple du télescope
à miroirs segmentés

MOT-CLE **FINTRM**

Sous-programme EXETRM
Numéro 113

ROLE Signale la fin d'une zone de trame.

SYNTAXE **>FINTRM**

PARAMETRES Aucun.

EXEMPLE Voir l'exemple précédent (TRAME).

EMPLACEMENT Après PUPILL et au moins une instruction TRAME.

PARTICULARITES Voir les particularités de l'instruction précédente (TRAME).

Zone de trame: utilisation d'un fichier externe

Comme dans l'exemple précédent, il est possible d'associer un fichier externe à la zone de trame afin d'introduire des variations des paramètres géométriques entre ses différentes "mailles". On reproduit ci-dessous le contenu du fichier ASCII ***test25.txt*** utilisé pour modéliser le miroir parabolique segmenté des pages précédentes. La structure de ce fichier doit toujours être la même: elle comprend les valeurs numériques des paramètres suivants, terminées par un <Return> lorsqu'on passe à la maille suivante.

I1	**I2**	**δX**	**δY**	**δZ**	**δθX**	**δθY**	**δθZ**	**δR**	**δE**
1	1	-0.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	1	-0.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
1	2	-0.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	2	-0.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
1	3	-0.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	3	-0.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

Contenu du fichier ASCII ***test25.txt***

où les notations I1, I2, δX, δY, δZ, δθX, δθY, δθZ, δR et δE représentent les paramètres ou défauts géométriques suivants:

I1	Entier, indice suivant l'axe Y de la maille considérée.
I2	Entier, indice suivant l'axe Z de la maille considérée.
δX	Coordonnée en X du centre de la maille par rapport à sa position théorique.
δY	Coordonnée en Y du centre de la maille par rapport à sa position théorique.
δZ	Coordonnée en Z du centre de la maille par rapport à sa position théorique.
δθX	Angle autour de l'axe Z (ou azimut) de la normale à la maille par rapport à son orientation théorique.
δθY	Angle autour de l'axe Y (ou hauteur) de la normale à la maille par rapport à son orientation théorique.
δθZ	Angle autour de l'axe X de la normale à la maille par rapport à son orientation théorique.
δR	Défaut à ajouter arithmétiquement au rayon de courbure de la surface optique de la maille.
δE	Défaut à ajouter arithmétiquement au coefficient d'asphérisation de la surface optique de la maille.

Ainsi, vous constatez que dans l'exemple précédent, afin de recréer la surface continue du paraboloïde de révolution de 10 mm de focale et de 6 mm de diamètre divisé en sept facettes hexagonales, il faut décaler tous les segments périphériques de -0.1 mm suivant l'axe optique (ce qu'on peut retrouver aisément avec l'équation du paraboloïde).

PRECAUTIONS D'EMPLOI

Attention ! Lorsque vous avez défini un fichier externe associé à une zone de trame, les valeurs des défauts seront appliquées à toutes les surfaces optiques de cette zone (c'est-à-dire, à toutes celles comprises entre les mots-clé TRAME et FINTRM). Le seul moyen de changer ces valeurs d'une surface optique à l'autre est de les "isoler" au moyen de couples d'instructions TRAME/FINTRM supplémentaires.

2.7 VOIES MULTIPLES

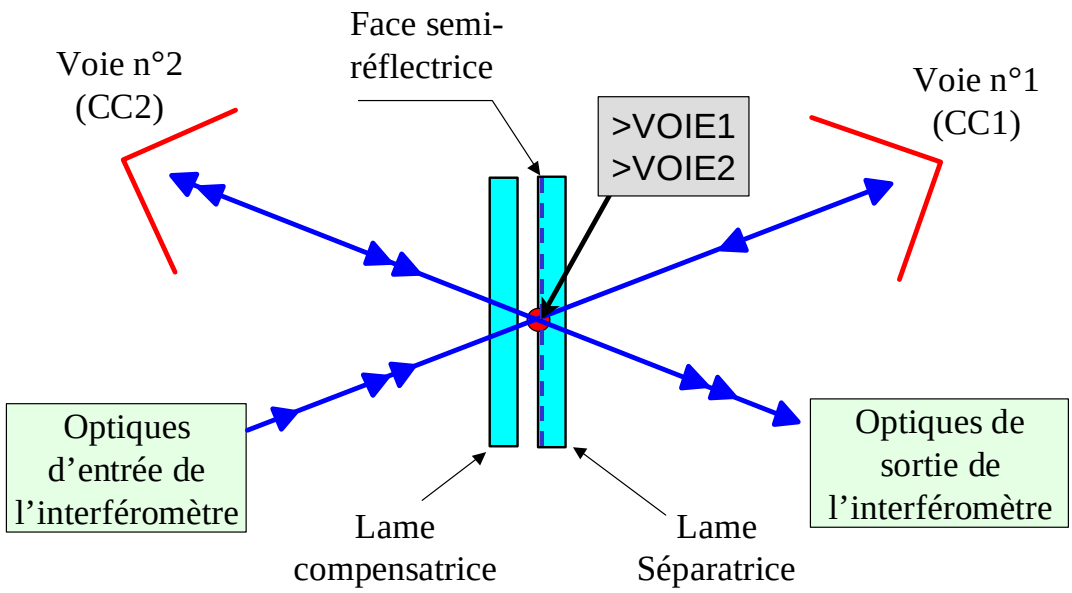
COSAC peut propager ses rayons suivant des “voies multiples”. Cela consiste en fait, à un endroit donné du système optique, à mémoriser tous les paramètres des rayons tracés par le programme au moyen d’une instruction spéciale VOIE1. Les rayons continuent ensuite à parcourir les surfaces optiques définies par l’utilisateur, et le programme effectue tous les calculs demandés en écrivant les résultats dans le fichier ***.out***, jusqu’ici rien ne change…

Mais l’instruction VOIE1 est généralement suivie tôt ou tard par une instruction VOIE2 (sinon, on ne verrait pas bien l’intérêt…). COSAC reprend alors le tracé des rayons à partir de l’emplacement de l’instruction VOIE1, et l’utilisateur peut les propager dans des surfaces optiques différentes et obtenir les résultats des calculs effectués sur cette “seconde voie” dans le même fichier ***.out***. La structure du fichier ***.dat*** présente alors l’aspect général suivant.

INSTRUCTIONS	*MOT-CLE (exemples)*
◊ Longueurs d’onde (si nécessaires au calcul)	>LAMBDA
◊ Objet ou source étendue	>OBJET ou >SOURCE
◊ Pupille (avec ses dimensions)	>PUPILL (suivi d’un masque)
◊ Maillage pupille	>GRILLE, etc…
◊ Surfaces optiques d’entrée communes	>MIROIR, >DIOPTR, etc...
◊ Séparation des voies	>VOIE1
◊ Surfaces optiques de la voie n°1 et surfaces optiques de sortie communes (s’il y en a)	>MIROIR, etc...
◊ Directives de sortie pour la voie n°1	>SPODIA, >DIFMAR, etc...
◊ Retour au point de séparation des voies	>VOIE2
◊ Surfaces optiques de la voie n°2 et surfaces optiques de sortie communes (s’il y en a)	>MIROIR, etc... ou >SURFAC[1]
◊ Directives de sortie pour la voie n°2	>SPODIA, etc...
◊ Fin du fichier	>FIN

[1] Fort utile pour copier les surfaces de sortie communes aux deux voies, sans avoir à en redéfinir tous les paramètres.

A quoi ces instructions peuvent-elles bien servir ? D'une manière générale à simuler des systèmes optiques dont certains composants ou sous-ensembles peuvent présenter des positions ou des caractéristiques géométriques variables (commandées par un mécanisme): par exemple des zooms, des lignes à retard, des miroirs déformables… Mais personnellement, je les ai surtout utilisées pour modéliser des interféromètres, tel celui de Michelson représenté ci-dessous.



PRECAUTIONS D'EMPLOI

Un fichier ***.dat*** ne peut contenir qu'un seul mot-clé VOIE1 (sinon, le programme se termine par un message d'erreur). Par contre, il est possible définir plusieurs mots-clé VOIE2, correspondant à autant de voies supplémentaires dans le système optique qu'on le souhaite. Grâce à ce couple d'instructions, on peut donc également modéliser des interféromètres à voies multiples (VLTI, DARWIN, et j'en passe…).

MOT-CLE **VOIE1** Sous-programme VOIE1
Numéro 35

ROLE Mémorise tous les paramètres des rayons tracés par le programme à un endroit donné du système optique.

SYNTAXE **>VOIE1**

PARAMETRES Aucun.

EXEMPLE Il n'y a pas d'exemples d'application simple des instructions VOIE1/VOIE2 car elles servent (par nature) à décrire des systèmes optiques assez complexes. Deux exemples typiques d'utilisation se trouvent dans les fichiers ***test15.dat*** (interféromètre de Michelson "classique") et ***test18.dat*** (interférométrie stellaire).

EMPLACEMENT Après PUPILL.

PARTICULARITES
1) Une seule déclaration VOIE1 possible dans un même fichier ***.dat***.
2) Aucune déclaration de masque, "propriétés spéciales", fichiers-défauts ou apodisation ne peut être directement associée à VOIE1.

MOT-CLE **VOIE2** Sous-programme VOIE2
Numéro 36

ROLE Stoppe le tracé des rayons et le recommence à partir de l'emplacement d'une instruction précédente VOIE1.

SYNTAXE **>VOIE2**

PARAMETRES Aucun.

EXEMPLE Voir la remarque sur VOIE1.

EMPLACEMENT Après PUPILL et une instruction VOIE1.

PARTICULARITES
1) Plusieurs déclarations VOIE2 possibles dans un même fichier ***.dat***.
2) Aucune déclaration de masque, "propriétés spéciales", fichiers-défauts ou apodisation ne peut être directement associée à VOIE2.

3. MODES DE FONCTIONNEMENT

Certains calculs internes à COSAC sont liés à ce que l'on appelle ses "modes de fonctionnement": il s'agît d'options qui sont à la disposition de l'utilisateur pour modifier (éventuellement) une méthode de calcul. Dans la plupart des cas, les meilleurs modes de fonctionnement sont fixés par le programme lui-même, et l'on ne devrait donc pas avoir à s'en soucier. Dans certains cas particuliers toutefois, l'utilisateur habitué pourra éprouver le besoin de les modifier lui-même, éventuellement plusieurs fois à l'intérieur d'un même fichier ***.dat***. Si vous êtes arrivés jusqu'à ce chapitre, vous êtes un utilisateur habitué et donc concerné par les pages suivantes. Le tableau ci-dessous résume les principaux mot-clés associés aux modes de fonctionnement.

MOT-CLE	**MODE DE FONCTIONNEMENT**	**Fiche détaillée donnée dans ce document ?**
TYPRAY	Mode de recalage des rayons sur le faisceau (réel ou théorique)	Voir ci-dessous
TYPZER	Normalisation des rayons pour le calcul des polynômes de Zernike/Seidel	Voir ci-dessous
TYPDEF	Options d'entrée-sortie des fichiers-défaut de surface ou d'onde	Voir § 2.2.3
TYPCOX	Type des coordonnées en X (absolues ou relatives)	Voir ci-dessous
TYPRRT	Mode d'arrêt des rayons sur un dioptre (réflexion ou réfraction)	Voir ci-dessous
TYPMIL	Option de permutation des milieux objet et image des dioptres	Voir ci-dessous
TYPDDM	Mode de calcul des surfaces d'onde	Voir **vol. 1**, § 4.3
TYPFLU	Choix d'unités de calculs photométriques (Watt ou phot/s)	Voir ci-dessous
TYPOIS	Option de calcul du bruit de Poisson	Voir ci-dessous
TYPSOP	Option de calcul pour les PSF (avec ou sans OPD totales)	Voir ci-dessous
TYPSFI	Option de calcul pour les PSF (mode multi-objets/boucle)	Voir ci-dessous
TYPDIF	Option de calcul pour les PSF (intégrale de Rayleigh-Sommerfeld)	Voir ci-dessous
ALTAZ	Choix de l'ordre des rotations d'un changement de repère	Voir § 2.5
ECRASE	Mode d'écriture des fichiers externes	Voir ci-dessous
CONTIN	Mode d'arrêt du programme si blocage total	Voir ci-dessous

MOT-CLE **TYPRAY** Sous-programme ITYR
Numéro 131

ROLE Précise le mode de recalage des rayons sur le faisceau réel ou théorique, en effectuant la normalisation sur le faisceau des rayons du maillage pupille ou sur les 5 rayons de référence (voir **vol. 1**, § 3.1). Ces deux modes de fonctionnement peuvent introduire de très légères différences sur les résultats de calcul d'ouverture angulaire (OUVNUM), du rayon utile du faisceau (RAYPUP), des coefficients de Zernike (ZERNIK) et de Seidel (SEIDEL), et sur certaines refocalisations qui leur sont associées.

SYNTAXE **>TYPRAY (I1)**

PARAMETRES I1 Mode de recalage des rayons. Si I1 = 0, il est effectué sur les rayons du maillage pupille. Dans le cas contraire, il est effectué sur les 5 rayons de référence. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPRAY**

Mode par défaut. Les rayons sont normalisés sur le maillage pupille.

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES Plusieurs instructions TYPRAY (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **TYPZER** Sous-programme IZER
Numéro 132

ROLE Précise le mode de calcul des coefficients de Zernike (ZERNIK) ou de Seidel (SEIDEL), en effectuant la normalisation des rayons sur la demi-ouverture angulaire (faisceau convergent ou divergent) ou dans un plan perpendiculaire à l'axe optique (faisceau parallèle). En principe, COSAC choisit automatiquement la bonne option au moyen d'un test sur la convergence des rayons. Dans le cas de faisceaux très peu ouverts toutefois, il peut se tromper et confondre un faisceau parallèle aberrant avec un faisceau convergent. Il en résultera des erreurs notables sur les coefficients de Zernike/Seidel et par voie de conséquence, sur certaines instructions de refocalisation (voir **vol. 1**, § 4.3). Il est alors conseillé de modifier le mode de fonctionnement par défaut.

SYNTAXE **>TYPZER (I1)**

PARAMETRES I1 Mode de calcul des coefficients de Zernike. Si I1 = 0, il est effectué sur la demi-ouverture angulaire du faisceau (convergent ou divergent). Dans le cas contraire, il est effectué dans un plan perpendiculaire à l'axe optique (faisceau parallèle). Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE Ce mode de fonctionnement est spécialement recommandé dans le cas d'un faisceau parallèle incident sur une lentille mince fictive, comme dans l'exemple donné pour le mot-clé LENTIL (§ 2.4).

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES 1) Nécessite une définition préalable de la longueur d'onde (LAMBDA ou SIGMA).
2) Plusieurs instructions TYPZER (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **TYPCOX** Sous-programme ICOOX, Numéro 134

ROLE Signifie que les coordonnées des surfaces optiques sont définies dans un repère absolu ou glissant le long de l'axe X.

SYNTAXE **>TYPCOX (I1)**

PARAMETRES I1 Type de repère. Si I1 = 0, les surfaces optiques sont définies dans un repère absolu. Dans le cas contraire, elles sont définies dans un repère glissant le long de l'axe X: la coordonnée en X d'une surface est alors la distance algébrique qui la sépare de la surface précédente. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE Voir le document de **Présentation générale** du logiciel (§ 4.3), où l'on trouvera des explications détaillées sur ces deux types de repères (absolu ou glissant).

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES Plusieurs instructions TYPCOX (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **TYPRRT** Sous-programme ICOR, Numéro 135

ROLE Définit le mode d'arrêt des rayons sur un dioptre (réflexion totale ou réfraction).

SYNTAXE **>TYPRRT (I1)**

PARAMETRES I1 Mode d'arrêt des rayons. Si I1 = 0, les rayons réfractés suivant la loi de Descartes passent librement et les rayons en réflexion totale sont arrêtés. Dans le cas contraire, les rayons réfractés sont stoppés et seuls passent les rayons en réflexion totale. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPRRT 1**

Dans ce cas COSAC bloquera tous les rayons normalement réfractés par les dioptres, laissant seulement se propager ceux qui sont en réflexion totale. Cela peut sembler surprenant, mais en réalité certains composants optiques (prismes…) sont conçus pour ne fonctionner qu'en réflexion totale.

EMPLACEMENT Après PUPILL et avant les instructions de calcul concernées.

PARTICULARITES
1) Plusieurs instructions TYPRRT (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.
2) Cette option n'a aucun effet dans une zone de tracé de rayon non-séquentiel, où COSAC poursuit le tracé du rayon dans tous les cas (réfraction classique ou réflexion totale).

MOT-CLE **TYPMIL** Sous-programme IPER
Numéro 136

ROLE Autorise la permutation des milieux objet et image des dioptres dans une zone de tracé de rayon séquentiel.

SYNTAXE **>TYPMIL (I1)**

PARAMETRES I1 Autorisation de permutation des milieux objet et image des dioptres. Si I1 = 0, elle n'est pas autorisée. Dans le cas contraire, elle l'est. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPMIL 1**

La permutation des milieux objet et image des dioptres est autorisée. Cela signifie que dans une zone de tracé de rayon séquentiel, le logiciel prend la liberté d'inverser les milieux objet et image d'un dioptre en fonction du sens d'arrivée des rayons (voir la définition du mot-clé DIOPTR et la figure qui l'accompagne dans le **vol. 1**, § 4.1.1). Cette option doit être employée avec précaution. Elle n'est réellement utile que dans un système en auto-collimation, où l'utilisateur recopie les surfaces optiques rencontrées à l'aller au moyen de mots-clé SURFAC (exemple: les bras d'un interféromètre de Michelson, tel celui du fichier ***test15.dat***).

EMPLACEMENT Après PUPILL et avant les instructions de calcul concernées.

PARTICULARITES 1) Plusieurs instructions TYPMIL (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.
2) Cette option n'a aucun effet dans une zone de tracé de rayon non-séquentiel, où I1 est automatiquement pris égal à 1 à l'entrée, et remis égal à 0 à sa sortie (sinon ça ne pourrait pas fonctionner…).

MOT-CLE **TYPFLU** Sous-programme Aucun
Numéro 138

ROLE Définit les unités à utiliser pour les tous les calculs photométriques ou radiométriques effectués par COSAC (Watts ou photons/seconde).

SYNTAXE **>TYPFLU (I1)**

PARAMETRES I1 Type d'unités photométriques. Si I1 = 0, le système d'unités est basé sur le Watt : le flux est en Watts, les éclairements en W/m^2, les luminances en $W/m^2/sr$ etc… Sinon, le système d'unités sera basé sur le photon : le flux est en nombre de photons par seconde, les éclairements en $phot/s/m^2$, les luminances en $phot/s/m^2/sr$ etc... Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPFLU 1**

A partir de cet instant, les résultats de tous les calculs photométriques (LUMOBJ, LUMSOU, LUMSPE, ECLAIR, FLUTOT, REPFLU, BRUITS…) seront basés sur le nombre de photons collectés par seconde.

EMPLACEMENT Impérativement avant PUPILL, et toute définition des propriétés énergétiques de l'objet ou de la source lumineuse étendue (LUMOBJ, LUMSOU, LUMSPE). Après, il sera trop tard, voir ci-dessous

PARTICULARITES Plusieurs instructions TYPFLU (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente, jusqu'à ce que le programme rencontre les mots-clé LUMOBJ, LUMSOU ou LUMSPE. Alors, le choix des unités photométriques est définitivement fixé jusqu'à la fin de l'exécution du programme (y compris les macro-instructions).

MOT-CLE **TYPOIS** Sous-programme ILPOIS
Numéro 145

ROLE Option de calcul du bruit de Poisson.

SYNTAXE **>TYPOIS (I1)**

PARAMETRES I1 Option de calcul du bruit de Poisson. Si I1 = 0, il est effectué rigoureusement. Sinon, il est approximé par une loi Gaussienne. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPOIS 1**

Bruit de Poisson approximé par une loi Gaussienne.

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES Plusieurs instructions TYPOIS (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **TYPSOP** Sous-programme IPOPDT
Numéro 139

ROLE Option pour tous les calculs de PSF (avec ou sans les OPD totales).

SYNTAXE **>TYPSOP (I1)**

PARAMETRES I1 Option de calcul pour la PSF. Si I1 = 0, le programme ne prend en compte que les différences de marche calculées par rapport au rayon principal. Sinon, il tient compte des différences de marche totales. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPSOP 1**

Logiquement 'TYPSOP 1' et 'TYPSOP (0)' devraient conduire aux mêmes résultats. Sauf quand on modélise un système optique à plusieurs ouvertures, comme un interféromètre stellaire.

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES Plusieurs instructions TYPSOP (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **TYPSFI** Sous-programme IPSINC
Numéro 144

ROLE Option pour calcul de PSF en mode multi-objets/boucle.

SYNTAXE **>TYPSFI (I1)**

PARAMETRES I1 Option de calcul pour la PSF en mode multi-objets/boucle. Si I1 = 0, le programme calcule des PSF différentes quand il rencontre la macro-instruction BOUCLE. Sinon, il calcule la somme de toutes les PSF. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPSFI 1**

Peut être utile pour calculer une PSF longue pose, pendant que les perturbations atmosphériques modifient la PSF instantanée

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES 1) Plusieurs instructions TYPSFI (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Seule la dernière valeur de I1 est prise en compte.
2) Cette option n'est valable que pour une seule macro-instruction BOUCLE. Si plusieurs d'entre elles figurent dans le fichier ***.dat***, il y a arrêt du programme.

MOT-CLE **TYPDIF** Sous-programme IHUYG
Numéro 146

ROLE Option pour calcul de l'intégrale de la PSF.

SYNTAXE **>TYPDIF (I1)**

PARAMETRES I1 Option de calcul de l'intégrale de la PSF. Si I1 = 0, le programme calcule l'intégrale de Fraunhofer classique. Sinon, il calcule l'intégrale de Rayleigh-Sommerfeld. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>TYPDIF 1**

On calcule donc ici l'intégrale de Rayleigh-Sommerfeld (sans grande conséquence sur le temps de calcul puisque la FFT n'est pas utilisée pour le calcul de la somme).

EMPLACEMENT Avant l'instruction de calcul concernée (peut apparaître avant OBJET ou PUPILL).

PARTICULARITES Plusieurs instructions TYPDIF (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **ECRASE** Sous-programme IECRAS
Numéro 147

ROLE Mode d'écriture des fichiers externes de type ASCII.

SYNTAXE **>ECRASE (I1)**

PARAMETRES I1 Option d'écriture des fichiers externes. Si I1 = 0, le programme modifie le nom des nouveaux fichiers à écrire afin de ne pas écraser des fichiers de même nom déjà existants. Sinon, ils seront impitoyablement écrasés. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE
```
>ECRASE    0
>SORFIC    PSF    ASCII        test11.txt
```

Si plusieurs PSF doivent être calculées durant l'exécution du programme (par exemple dans une procédure d'optimisation), les résultats seront stockés dans les fichiers ***test11.txt***, ***.test11;1.txt***, ***test11;2.txt*** etc…

```
>ECRASE    1
>SORFIC    PSF    ASCII        test11.txt
```

Seul le dernier résultat sera conservé dans le fichier ***test11.txt***. Aucun autre fichier ne sera créé.

EMPLACEMENT Avant l'instruction d'écriture du fichier externe concernée (de type SORFIC, RAYFIC, etc…)

PARTICULARITES Plusieurs instructions ECRASE (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. Dans ce cas la nouvelle valeur de I1 remplace instantanément la précédente.

MOT-CLE **CONTIN** Sous-programme ICONTS
Numéro 142

ROLE Mode d'arrêt du programme en cas de blocage total des rayons.

SYNTAXE **>CONTIN (I1)**

PARAMETRES I1 Mode d'arrêt du programme. Si I1 = 0, il stoppe automatiquement dès que tous les rayons sont bloqués, en avertissant l'utilisateur. Si I1 = 1, COSAC s'exécute jusqu'à la dernière instruction du fichier ***.dat***, même si tous les rayons sont bloqués. Enfin si I1 = 2, l'exécution continue jusqu'à la fin de la dernière macro-instruction. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>CONTIN 2**

Cette instruction force le programme à poursuivre les calculs même si tous les rayons du maillage pupille ont été éliminés (blocages, réflexions totales, etc…): COSAC continue donc à exécuter ses instructions bien que tous les rayons aient disparu. Ceci présente un réel intérêt dans certains cas particuliers (calculs de vignettage, de flux ou de répartitions d'éclairement dans un système optique éclairé par une source étendue, utilisation de macro-instructions commandant des exécutions multiples, etc…).

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES 1) Plusieurs instructions CONTIN (avec différentes valeurs de I1) peuvent apparaître dans un même fichier ***.dat***. , mais seule la dernière rencontrée sera prise en compte.
2) Il faut rester prudent avec les options 'CONTIN 1' et 'CONTIN 2', car elles peuvent générer une série d'erreurs FORTRAN dans le programme, qui auront pour conséquence de l'arrêter sur un statut d'erreur[1]. L'utilisateur devra alors enlever du fichier ***.dat*** les instructions provoquant ces erreurs.

[1] Par exemple, essayez donc de calculer les polynômes de Zernike d'un faisceau composé de zéro rayons…

4. INSTRUCTIONS DE SORTIE

Ici se poursuit la description des instructions de sortie commencée dans le chapitre 5 du **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**. Rappelons que cette famille d'instructions commande les calculs numériques à effectuer par le programme (hors tracé des rayons) et la manière de les afficher ou écrire dans le fichier de sortie ***.out***. On distingue ici les familles d'instructions suivantes.

1) Des instructions "générales" (IMPRIM, SUIVRE, ECRAN) destinées à faciliter la vie de l'utilisateur (paragraphe 4.1).

2) Une série d'instructions liées aux calculs photométriques ou radiométriques, plus évoluées que celles du **volume 1**, mais aussi plus difficiles à maîtriser et gourmandes en temps de calcul. On les retrouvera dans le paragraphe 4.2.

3) Les calculs de diffraction de Fresnel par double transformation de Fourier (paragraphe 4.3).

4.1 INSTRUCTIONS GENERALES

Elles sont résumées dans le tableau ci-dessous et décrites dans les pages suivantes.

MOT-CLE	**INSTRUCTION DE SORTIE**	**Sous-programme/ Numéro**
IMPRIM	Ecriture de paramètres dans le fichier ***.out***	PRINTP/43
SUIVRE	Suivi d'un rayon (coordonnées, cosinus directeurs, OPD…) tout au long du système optique	IRAWS/141
ECRAN	Gère les affichages à l'écran et dans le fichier de sortie ***.out***	ISOECR/143

MOT-CLE **IMPRIM** Sous-programme PRINTP
Numéro 43

ROLE Ecrit la valeur d'un ou plusieurs paramètres du système optique et/ou de résultats de calcul dans le fichier ***.out***.

SYNTAXE **>IMPRIM C1 (C2) (C3) …(C14)**

PARAMETRES C1 Chaîne de caractères alphanumériques désignant le 1er paramètre et/ou résultat à imprimer. **La syntaxe précise de cette chaîne de caractères est donnée dans l'Annexe 2**, et doit impérativement être respectée.
C2, C3, etc… Chaînes de caractères alphanumériques désignant les paramètres et/ou résultats à imprimer suivants (optionnels).

EXEMPLE **>IMPRIM EX(20) RMS**

Ecrit les valeurs de la cote suivant X de la 20ème surface du système optique, ainsi que la dernière valeur RMS de la surface d'onde calculée par COSAC, dans le fichier ***.out*** (cf. explications sur "EX(20)" et "RMS" en Annexe 2).

EMPLACEMENT Indifférent (peut apparaître avant OBJET, PUPIL, etc…).

PARTICULARITES 1) On peut écrire entre 1 et 14 paramètres et/ou résultats au moyen d'un seul mot-clé IMPRIM. Au-delà, il est nécessaire de placer des instructions IMPRIM supplémentaires dans le fichier ***.dat***.
2) Il est possible de contrôler le format d'écriture des paramètres et/ou résultats au moyen d'un mot-clé FORMAT que l'on placera tout de suite après IMPRIM. En son absence, le format d'écriture dans le fichier ***.out*** sera le format * du FORTRAN.

MOT-CLE **SUIVRE**

Sous-programme IRAWS
Numéro 141

ROLE Imprime dans le fichier ***.out*** les coordonnées, cosinus directeurs et différence de marche d'un rayon choisi par l'utilisateur, tout au long du système optique.

SYNTAXE **>SUIVRE I1**

PARAMETRES I1 Numéro COSAC du rayon à suivre. La manière de définir la valeur exacte de ce numéro est expliquée dans l'Annexe 2.

EXEMPLE **>SUIVRE 1**

Permet de suivre le tracé du rayon de référence n°1 (voir le paragraphe 3.1 du **volume 1**. Ce rayon est souvent appelé "chief-ray" en anglais). Un exemple des sorties imprimées dans le fichier ***.out*** est donné ci-dessous. Apparaissent notamment les coordonnées des points d'impact et les cosinus directeurs du rayon, ainsi que sa différence de marche par rapport au "chief-ray". Si le rayon suivi est le "chief-ray" lui-même (comme dans cet exemple), c'est la longueur totale du chemin optique qui est donnée.

EMPLACEMENT Indifférent (peut apparaître avant OBJET, PUPIL, etc…).

PARTICULARITES L'instruction SUIVRE ne devrait apparaître qu'une seule fois dans un même fichier ***.dat***. Toutefois il n'y a pas de message d'erreur en cas de répétitions: le programme ne retiendra que le paramètre I1 de la dernière instruction SUIVRE rencontrée.

```
SURFACE N°   3    RAYON REFERENCE N° 1
X=      .0000  Y=      .0000  Z=      .0000                          en mm
U=  1.0000000  V=   .0000000  W=   .0000000  ;  D=    .0000000E+00  Lambdas

SURFACE N°   4    RAYON NUMERO       1
        MAILLE Y N°  2 MAILLE Z N°   2
X=    10.0000  Y=      .0000  Z=      .0000                          en mm
U= -1.0000000  V=   .0000000  W=   .0000000  ;  D=    .0000000E+00  Lambdas

SURFACE N°   5    RAYON REFERENCE N° 1
X=      .0000  Y=      .0000  Z=      .0000                          en mm
U= -1.0000000  V=   .0000000  W=   .0000000  ;  D=    .2000000E+05  Lambdas

SURFACE N°   6    RAYON REFERENCE N° 1
X=      .0000  Y=      .0000  Z=      .0000                          en mm
U= -1.0000000  V=   .0000000  W=   .0000000  ;  D=    .2000000E+05  Lambdas

SURFACE N°   7    RAYON REFERENCE N° 1
X=      .0000  Y=      .0000  Z=      .0000                          en mm
U= -1.0000000  V=   .0000000  W=   .0000000  ;  D=    .2000000E+05  Lambdas
```

MOT-CLE **ECRAN** Sous-programme ISOECR
Numéro 143

ROLE Gère les messages à afficher à l'écran et dans le fichier de sortie ***.out*** lors de l'exécution du programme.

SYNTAXE **>ECRAN (I1)**

PARAMETRES I1 Option pour sortie. Si I1 = 0, COSAC autorise l'affichage à l'écran **et** l'écriture dans le fichier ***.out*** de messages d'erreur ou de progression du programme. Dans le cas contraire, aucun de ces messages ne peut apparaître. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE **>ECRAN 1**

Supprime tous les messages d'erreur ou de progression du programme à l'écran et dans le fichier ***.out***. Cette option peut se révéler particulièrement utile en cas de calculs répétitifs (source étendue SOURCE, macro-instruction BOUCLE…).

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES Peut apparaître plusieurs fois dans un même fichier ***.dat***. Il y aura donc changement du mode d'affichage à chaque occurrence.

4.2 CALCULS PHOTOMETRIQUES

Le but de ce paragraphe est de décrire les calculs photométriques effectués par COSAC, qu'il s'agisse d'éclairements par comptage de rayons, de calculs d'interférences lumineuses, ou d'images d'objets étendus et polychromatiques. Ces capacités sont intéressantes, mais exigent une excellente connaissance du logiciel, et la construction de fichiers ***.dat*** assez complexes, comportant le plus souvent des sources de lumière étendues (SOURCE), les déclarations de leurs propriétés radiométriques (luminances spectrales ou intégrées) et des voies multiples pour l'interférométrie (VOIE1/VOIE2). Tout ceci (et le manque de temps, hélas) explique qu'elles ne seront pas toutes détaillées ici, mais seulement résumées dans le tableau suivant. Des fiches supplémentaires seront rajoutées ultérieurement.

MOT-CLE	INSTRUCTION DE SORTIE	Sous-programme/ Numéro	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
RAYOBJ	Définit la surface apparente (circulaire) d'un point-objet (OBJET	Aucun/5	Oui
LUMOBJ	Définit la luminance totale d'un OBJET	Aucun/151	Oui
LUMSOU	Définit la luminance totale de l'élément central d'une source étendue (SOURCE)	Aucun/151	Oui
LUMSPE	Définit la luminance spectrale d'un OBJET	Aucun/151	Oui
SPEFIC	Ecrit les luminances spectrales dans un fichier externe	ECRSPE/98	Non
TRAMP	Définit la transmission en amplitude d'une surface	Aucun/152	Oui
TENER	Définit la transmission énergétique d'une surface	Aucun/153	Oui
ECLAIR	Calcul d'éclairement par comptage de rayons	GERECL/155	Oui
FLUTOT	Calcul de flux total	FLUTOT/156	Oui
REPFLU	Calcul de répartition spatiale de flux	REPFLU/157	Oui
BRUITS	Calcul des bruits de détection	BRUTAB/158	Oui
REPLUM	Calcul de répartition angulaire de luminance	GERLUM/159	Non
COUPFI	Calcul du coefficient de couplage dans une fibre optique monomode	COUPFI/63	Oui
FRAINC	Calcul de franges d'interférence (incohérence spatiale)	CALFRA/161	Non
FRACOH	Calcul de franges d'interférence (cohérence spatiale)	CALFR2/162	Non
PSFINC	Calcul de PSF cumulées (incohérence spatiale)	PSFINC/163	Non[1]

[1] Mais très semblable aux instructions REPIMP et REPFFT décrites dans le **vol. 1**.

MOT-CLE **RAYOBJ** Sous-programme Aucun
Numéro 5

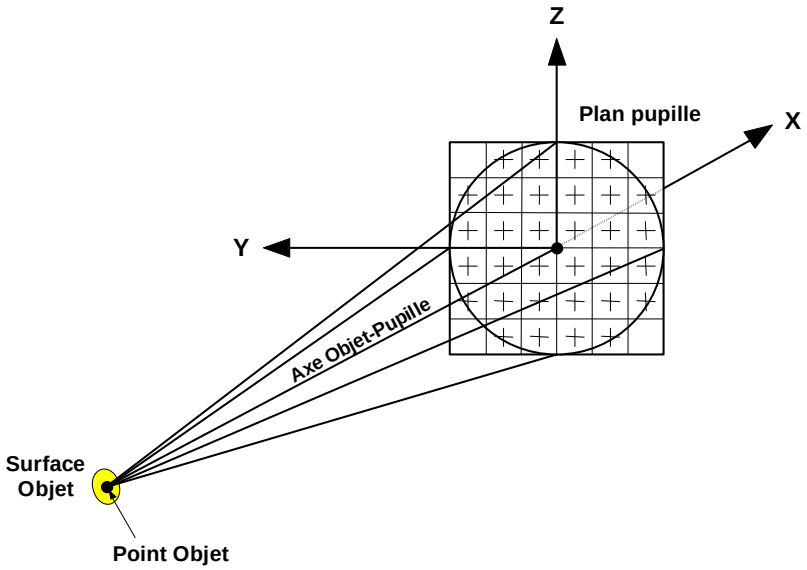
ROLE Définit la surface apparente (et circulaire) entourant un point-objet (OBJET). Associer un élément de surface circulaire à un point pourrait sembler une idée saugrenue. En fait, c'est indispensable pour estimer l'étendue géométrique à l'entrée du système, dont dérive tout calcul photométrique.

SYNTAXE **>RAYOBJ R1**

PARAMETRES R1 Rayon du point-objet

EXEMPLE
```
>OBJET      1000.      0.      0.      0.      -1
>RAYOBJ     0.00005
```

Vous venez de définir un objet de 10 millisecondes d'arc de rayon apparent situé à l'infini (une étoile, probablement. Vous devez être en train d'étudier les performances d'un télescope astronomique).



EMPLACEMENT Après OBJET.
Avant toute instruction définissant la luminance de l'objet (LUMOBJ).

PARTICULARITES
1) Une seule déclaration RAYOBJ possible suivant chaque OBJET.
2) L'instruction définissant un masque circulaire sur une surface optique (CERCLE, voir **vol. 1**) n'est pas valable dans ce contexte-ci. Elle provoquerait un message d'erreur et l'arrêt du programme.

MOT-CLE **LUMOBJ** Sous-programme Aucun
Numéro 151

ROLE Calcule la luminance intégrée d'un point-objet. La luminance de l'objet est également un paramètre indispensable pour tout calcul photométrique. Le système d'unités employé sera au choix basé sur le Watt ou le photon par seconde, ainsi que cela est fixé au début du fichier ***.dat*** par l'instruction 'TYPFLU' (voir § 3).

SYNTAXE **>LUMOBJ C1 R1 (R2 R3)**

PARAMETRES

C1 Chaîne de caractères en 6 lettres spécifiant le mode de calcul de la luminance intégrée. Attention : La valeur numérique R1 qui suit ne représente pas les mêmes grandeurs physiques en fonction de l'expression de C1, qui peut prendre quatre formes différentes.
1) C1 = 'LUMINT'. R1 définit directement la luminance de l'objet intégrée sur toute sa bande spectrale, qui sera utilisée pour tous les calculs photométriques qui suivent. R2 et R3 sont inutiles.
2) C1 = 'LUMINS'. Ici la luminance spectrale de l'objet est supposée constante et égale à R1 sur toute la bande spectrale, délimitée par les longueurs d'onde R2 et R3.
3) C1 = 'CORNOI'. La loi de luminance spectrale de l'objet est celle d'un corps noir de température R1, intégrée entre les longueurs d'onde R2 et R3.
4) C1 = 'MAGNI*'. La luminance intégrée est déduite de la magnitude astronomique de l'objet R1, intégrée entre les longueurs d'onde R2 et R3.

R1 1) Si C1 = 'LUMINT', R1 est la luminance de l'objet intégrée.
2) Si C1 = 'LUMINS', R1 est la luminance spectrale constante sur la bande de longueur d'onde.
3) Si C1 = 'CORNOI', R1 est la température du corps noir de Planck de l'objet.
4) Si C1 = 'MAGNI*', R1 est la magnitude astronomique de l'objet. Ici le caractère * définit la bande spectrale astronomique de référence, et doit être égal à U, B, V, R, I, J, H, K, L, M, N ou Q (voir l'exemple de l'instruction BRUITS).

R2 Si C1 = 'LUMINS', 'CORNOI' ou 'MAGNI*', R2 est la longueur d'onde minimale de la bande spectrale considérée.

R3 De même, si C1 = 'LUMINS', 'CORNOI' ou 'MAGNI*', R3 est la longueur d'onde maximale de la bande spectrale considérée.

EXEMPLE

```
>OBJET      1000.      0.    0.    0.    -1
>RAYOBJ     0.001
>LUMOBJ     LUMINT     2.E+06
```

Si ces lignes ne sont précédées d'aucune instruction 'TYPFLU' (voir § 3), la luminance objet sera de 0.2E+7 W/m^2/sr et un message sera écrit dans le fichier ***.out***.

EMPLACEMENT Après OBJET et après l'instruction RAYOBJ définissant sa dimension.
Avant PUPILL.

PARTICULARITES 1) Une seule déclaration LUMOBJ possible pour chaque OBJET.
2) LUMOBJ, LUMSOU et LUMSPE ne sont pas compatibles.

MOT-CLE **LUMSOU** Sous-programme Aucun
Numéro 151

ROLE Calcule la luminance intégrée au centre d'une source lumineuse étendue. Le système d'unités employé sera au choix basé sur le Watt ou le photon par seconde, ainsi que cela est fixé au début du fichier ***.dat*** par l'instruction 'TYPFLU' (voir § 3).

SYNTAXE **>LUMSOU C1 R1 (R2 R3)**

PARAMETRES Il n'y a aucune différence entre les paramètres de LUMSOU et ceux de LUMOBJ (voir fiche précédente), si ce n'est que l'un définit la luminance sur un point-objet tandis que l'autre la définit au centre de la source lumineuse.

EXEMPLE

```
>SOURCE   1000.  0.     0.     0.
>GRILLE   32     32
>DIMSOU   21.63  21.63
>LUMSOU   CORNOI        300.   3.62   5.
```

Voici une source lumineuse carrée et placée à l'infini. Elle rayonne comme un corps noir à 300 K entre les longueurs d'onde 3.62 µm et 5 µm.

EMPLACEMENT Après SOURCE et après l'instruction DIMSOU définissant la dimension de la source. Avant PUPILL.

PARTICULARITES 1) Une seule déclaration LUMSOU possible pour chaque SOURCE.
2) LUMOBJ, LUMSOU et LUMSPE ne sont pas compatibles.

MOT-CLE **LUMSPE** Sous-programme Aucun
Numéro 151

ROLE Calcule la luminance spectrale en un point-objet. Le système d'unités employé sera au choix basé sur le Watt ou le photon par seconde, ainsi que cela est fixé au début du fichier ***.dat*** par l'instruction 'TYPFLU' (voir § 3).

SYNTAXE **>LUMSPE C1 R1 (R2 R3)**

PARAMETRES

C1 Chaîne de caractères en 6 lettres spécifiant le mode de calcul de la luminance spectrale. Attention : La valeur numérique qui suit (R1) ne représente pas les mêmes grandeurs physiques en fonction de l'expression de C1, qui peut prendre trois formes différentes.
1) C1 = 'LUMINS'. Définit directement la luminance spectrale de l'objet. R2 et R3 sont inutiles.
2) C1 = 'CORNOI'. La loi de luminance spectrale de l'objet est celle d'un corps noir de température R1. R2 et R3 sont inutiles.
3) C1 = 'MAGNI*'. La luminance spectrale est déduite de la magnitude astronomique de l'objet R1, intégrée entre les longueurs d'onde R2 et R3. Le caractère * définit la bande spectrale astronomique de référence, et doit être égal à U, B, V, R, I, J, H, K, L, M, N ou Q (voir l'exemple de l'instruction BRUITS).

R1 1) Si C1 = 'LUMINS', R1 est la luminance spectrale de l'objet.
2) Si C1 = 'CORNOI', R1 est la température du corps noir de Planck de l'objet.
3) Si C1 = 'MAGNI*', R1 est la magnitude astronomique de l'objet.

R2 Si C1 = 'MAGNI*', R2 est la longueur d'onde minimale de la bande spectrale.

R3 Si C1 = 'MAGNI*', R3 est la longueur d'onde maximale de la bande spectrale.

EXEMPLE

```
>SPECTR     0.5     1.0     51
>TYPFLU     1
>OBJET      1000.   0.      0.      0.      -1
>RAYOBJ     0.00005
>LUMSPE     CORNOI      6000.
```

Vous essayez manifestement de calculer les luminances spectrales d'une étoile de 10 millisecondes d'arc de rayon angulaire, et de température 6000 K, dans la bande 0.5-1 µm. Les résultats seront exprimés en photons/s/m^2/sr.

EMPLACEMENT Après OBJET, RAYOBJ et après SPECTR.
Avant PUPILL.

PARTICULARITES 1) Une seule déclaration LUMSPE possible pour chaque OBJET.
2) LUMOBJ, LUMSOU et LUMSPE ne sont pas compatibles.

MOT-CLE **TRAMP** Sous-programme Aucun
Numéro 152

ROLE Valeur comprise entre 0 et 1, définit la transmission en amplitude d'une surface optique. Il en est tenu compte pour les tous les calculs photométriques, ainsi que pour les tableaux de transmission totale (instructions TRANSM et TRANSE dans le **vol. 1**).

SYNTAXE **>TRAMP R1**

PARAMETRES R1 Valeur de la transmission en amplitude

EXEMPLE **>TRAMP 0.8**

La surface a une transmission en amplitude de 0.8, donc sa transmission énergétique (ou en intensité) sera de 64 %.

EMPLACEMENT Après PUPILL ou toute autre surface optique.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Incompatible avec 'TENER'
3) Compatible avec tous les mots-clé de "propriétés spéciales", et avec APODIA/APODIE.

MOT-CLE **TENER** Sous-programme Aucun
Numéro 153

ROLE Valeur comprise entre 0 et 1, définit la transmission énergétique d'une surface optique. Il en est tenu compte pour les tous les calculs photométriques, ainsi que pour les tableaux de transmission totale (instructions TRANSM et TRANSE dans le **vol. 1**).

SYNTAXE **>TENER R1**

PARAMETRES R1 Valeur de la transmission énergétique

EXEMPLE **>TENER 0.64**

La surface a une transmission énergétique de 64 % (sa transmission en amplitude serait de 80%).

EMPLACEMENT Après PUPILL ou toute autre surface optique.

PARTICULARITES
1) 0 ou 1 déclaration possible par surface.
2) Incompatible avec 'TRAMP'
3) Compatible avec tous les mots-clé de "propriétés spéciales", et avec APODIA/APODIE.

MOT-CLE **ECLAIR** Sous-programme GERECL
Numéro 155

ROLE Effectue un calcul d'éclairement dans un plan-cible par comptage de rayons.

SYNTAXE **>ECLAIR I1 I2 R1 R2 (I3)**

PARAMETRES
I1 Nombre total de points de calcul dans le plan-cible suivant Y (I1 < 512).
I2 Nombre total de points de calcul dans le plan-cible suivant Z (I2 < 512).
R1 Demi-largeur de la zone choisie dans le plan-cible suivant Y (mm).
R2 Demi-largeur de la zone choisie dans le plan-cible suivant Z (mm).
I3 Option pour sortie. Si I3 = 0, le tableau des éclairements sera écrit dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I3 = 0.

EXEMPLE **>ECLAIR 101 101 9.E+06 9.E+06 0**

Calcul de l'éclairement formé sur un carré de 9 km x 9 km à la surface de la Terre, par une source lumineuse située à 800 km d'altitude (exemple inspiré de IASI).

EMPLACEMENT
1) Après PUPILL et l'une des trois instructions LUMOBJ, LUMSOU ou LUMSPE.
2) Doit impérativement être précédée d'un PLAN (qui n'est pas obligatoirement le plan image du système optique).

PARTICULARITES La nature des sorties (Watt/m^2 ou phot/s/m^2) est contrôlée par l'instruction TYPFLU.

Voici une variante des calculs d'éclairement effectués au moyen de l'instruction ECLAIR (ici écrite sur deux lignes) utilisant une pondération par fonction analytique. Elle permet d'obtenir des cartes d'éclairement plus "lisses" que par simple comptage de rayons (voir page précédente), mais au prix d'un temps de calcul considérablement plus long. Donc elle ne peut être recommandée qu'en des circonstances exceptionnelles.

MOT-CLE **ECLAIR** Sous-programme GERECL
Numéro 155

ROLE Effectue un calcul d'éclairement dans un plan-cible par comptage de rayons pondéré par une fonction analytique.

SYNTAXE
>ECLAIR I1 I2 R1 R2 (I3)
>ECLAIR FONCT C1 R3 R4 R5 (R6)

PARAMETRES
- I1 Nombre total de points de calcul dans le plan-cible suivant Y (I1 < 512).
- I2 Nombre total de points de calcul dans le plan-cible suivant Z (I2 < 512).
- R1 Demi-largeur de la zone choisie dans le plan-cible suivant Y (mm).
- R2 Demi-largeur de la zone choisie dans le plan-cible suivant Z (mm).
- I3 Option pour sortie. Si I3 = 0, le tableau des éclairements sera écrit dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I3 = 0.
- C1 Mot-clé d'au plus six caractères qui précise la fonction analytique à utiliser. Ces fonctions sont rigoureusement identiques à celles de l'instruction APODIE décrite dans le § 2.3.
- R3 Nombre réel, proportionnel à la demi-largeur suivant Y de la fonction analytique (mm).
- R4 Nombre réel, proportionnel à la demi-largeur suivant Z de la fonction analytique (mm).
- R5 Nombre réel, représente une rotation (en degrés) autour de l'axe X, à appliquer à la fonction analytique.
- R6 Nombre réel, paramètre supplémentaire associé à certaines fonctions analytiques.

EXEMPLE
>ECLAIR 128 128 0.15 0.15 0
>ECLAIR FONCT SGAUSS 0.005 0.005 0. 4.

Calcul de l'éclairement formé sur un carré de 0.3 x 0.3 mm dans le plan focal d'un télescope. La fonction analytique utilisée est une "Super-Gaussienne" d'écart type 5 µm.

EMPLACEMENT
1) Après PUPILL et l'une des trois instructions LUMOBJ, LUMSOU ou LUMSPE.
2) Doit impérativement être précédée d'un PLAN (qui n'est pas obligatoirement le plan image du système optique).

PARTICULARITES La nature des sorties (Watt/m^2 ou phot/s/m^2) est contrôlée par l'instruction TYPFLU.

MOT-CLE **FLUTOT**

Sous-programme FLUTOT
Numéro 156

ROLE Calcule le flux total recueilli à un endroit donné du système optique.

SYNTAXE **>FLUTOT (I1)**

PARAMETRES I1 Option pour sortie. Si I1 = 0, le flux total est écrit dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE Considérez la suite d'instructions ci-dessous.

```
>SOURCE    0.     5.84   5.84   1.
>GRILLE    101    101
>DIMSOU    5.84   5.84
>LUMSOU    CORNOI        300.   5.     8.26
>PUPILL    etc…
>etc…
>PLAN      3.1    0.     0.     0.     0.     0.
>FLUTOT
```

Vous avez défini une source lumineuse carrée, de 5.84 mm de côté, découpée en 101 x 101 échantillons, et lui avez affecté la luminance d'un corps noir de Planck à 300 K. Puis, après traversée du système optique, les rayons lumineux sont collectés par un PLAN où le flux total est évalué par sommation sur tous les rayons tracés (pupille + source étendue). COSAC affichera un résultat semblable à celui reproduit ci-dessous.

EMPLACEMENT
1) Après PUPILL et l'une des trois instructions LUMOBJ, LUMSOU ou LUMSPE.
2) Doit impérativement être précédée d'un PLAN (qui n'est pas obligatoirement le plan image du système optique).

PARTICULARITES La nature des sorties (Watt ou phot/s) est contrôlée par l'instruction TYPFLU.

```
SURFACE NUMERO  29 :     FLUX TOTAL    .1749E-04 WATT
```

MOT-CLE **REPFLU**

Sous-programme REPFLU
Numéro 157

ROLE Calcule la répartition de flux obtenue à un endroit donné du système optique.

SYNTAXE **>REPFLU (I1)**

PARAMETRES I1 Option pour sortie. Si I1 = 0, la répartition de flux est écrite dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE Considérez à nouveau la suite d'instructions ci-dessous, légèrement modifiée.

```
>SOURCE    0.     5.84   5.84   1.
>GRILLE    101    101
>DIMSOU    5.84   5.84
>LUMSOU    CORNOI        300.   5.     8.26
>PUPILL    etc…
>etc…
>PLAN      3.1    0.     0.     0.     0.     0.
>REPFLU    1
>MEMPAR    RFL
>FIN
SORFIC     MEM    ASCII  test30.txt
```

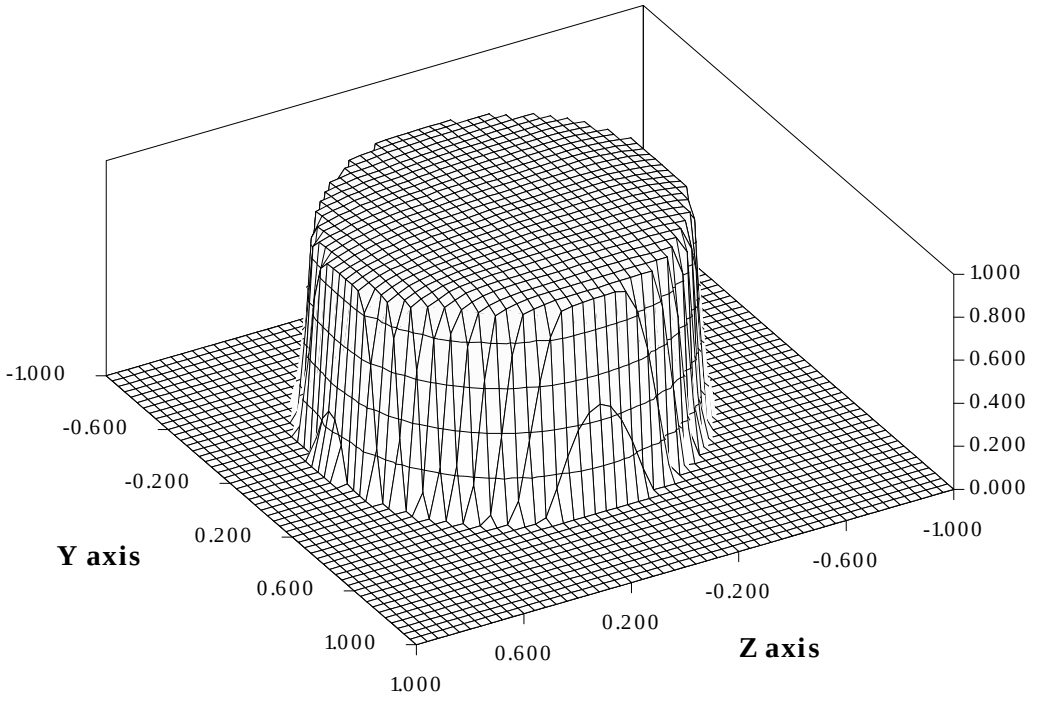
Vous utilisez la même source lumineuse (mêmes caractéristiques) que précédemment. Mais, après traversée du système optique, seule vous intéresse la répartition de flux dans le PLAN de sortie pour chaque point de la source (assimilable à une distribution d'intensité, en fait). Utilisez donc REPFLU et stockez ses résultats dans le tableau-mémoire interne de COSAC (instruction MEMPAR, voir § 6.3), puis sauvegardez les résultats dans un fichier externe (visualisé sur la page suivante) grâce à la macro-instruction SORFIC décrite dans le **vol. 1**. Bon, cela ne paraît pas forcément très simple, mais ça marche…

EMPLACEMENT
1) Après PUPILL et l'une des trois instructions LUMOBJ, LUMSOU ou LUMSPE.
2) Doit impérativement être précédée d'un PLAN (qui n'est pas obligatoirement le plan image du système optique).

PARTICULARITES La nature des sorties (basée sur le Watt ou les photons/seconde) est contrôlée par l'instruction TYPFLU.

Exemple d'application de l'instruction REPFLU : Distribution d'éclairements sur le champ de vue IASI

(maximum normalisé à 1.)



MOT-CLE **BRUITS** Sous-programme BRUTAB
Numéro 158

ROLE Rajoute des bruits de détection à un tableau de résultats photométriques.

SYNTAXE **>BRUITS C1 C2 R1 (R2 R3 R4) R5 (I1)**

PARAMETRES
C1 Chaîne de caractères en 3 lettres spécifiant le type du tableau de résultats auquel ajouter les bruits. Peut être égale à 'PSF', 'ECL', 'FRA' ou 'MEM'.
C2 Chaîne de caractères en 6 lettres spécifiant le type de bruits à rajouter. Peut être égale à 'PHOTON' (bruit de photons), 'LECTUR' (bruit de lecture), 'OBSCUR' (bruit d'obscurité) ou 'FONDTH' (fond thermique ou "background").
R1 Temps d'intégration sur le détecteur (secondes).
R2 1) Si C2 = 'LECTUR', R2 est le bruit de lecture (électrons/pixel)
2) Si C2 = 'OBSCUR', R2 est le courant d'obscurité (électrons/pixel/seconde).
3) Si C2 = 'FONDTH', R2 est la température de corps noir du fond thermique.
R3 Si C2 = 'FONDTH', R3 est la longueur d'onde minimale de la bande spectrale du fond thermique.
R4 Si C2 = 'FONDTH', R4 est la longueur d'onde maximale de la bande spectrale du fond thermique.
R5 Valeur maximale du rapport signal/bruit (pour sorties externes).
I1 Option pour sortie. Si I1 = 0, les tableaux des bruits et des rapports signal/bruit seront écrits dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I1 = 0.

EXEMPLE

```
>SPECTR     0.490   0.514   15
>OBJET      1000.   0.      0.      0.
>RAYOBJ     0.00005
>LUMSPE     MAGNIB          10.     0.490   0.514
>etc…
>PSFINC     511     511     0.32    0.32    -5      0
>BRUITS     PSF     PHOTON  1.      10.
>BRUITS     PSF     LECTUR  1.      2.      10.
```

Ajoute le bruit de photons et le bruit de lecture d'un capteur CCD à une PSF calculée auparavant. Le temps d'intégration est égal à 1 seconde et le bruit de lecture est de 2 électrons/pixel. La source est une étoile de magnitude 10 dans la bande astronomique B, intégrée entre 0.49 et 0.514 µm.

EMPLACEMENT
1) Après PUPILL et l'une des trois instructions LUMOBJ, LUMSOU ou LUMSPE.
2) Doit impérativement être précédée d'un PLAN (qui n'est pas obligatoirement le plan image du système optique).

PARTICULARITES
1) La nature des sorties (Watt/m^2 ou phot/s/m^2) est contrôlée par l'instruction TYPFLU.
2) Plusieurs instructions BRUITS peuvent être affectées à un même tableau de résultats.

MOT-CLE **COUPFI**

Sous-programme COUPFI
Numéro 63

ROLE Calcule le coefficient de couplage du faisceau optique dans une fibre monomode. C'est un nombre complexe (COSAC donne le module au carré, les parties réelle et imaginaire, et la phase).

SYNTAXE **>COUPFI R1 I1 (I2)**

PARAMETRES
R1 Rayon du cœur de la fibre optique monomode (mm).
I1 Choix de la méthode de calcul. Si I1 = 0, le calcul est effectué dans le plan pupille. Si I1 = 1, il se fait dans le plan image. Aucune autre valeur de I1 n'est acceptée.
I2 Option pour sortie. Si I2 = 0, le coefficient de couplage complexe est écrit dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I2 = 0.

EXEMPLE **>COUPFI 0.0035 1**

Vous avez choisi de calculer le coefficient de couplage du faisceau dans une fibre de cœur 7 µm, directement dans le plan image (là où se trouve la fibre optique, en fait). Bravo ! Il faut noter que la plupart des logiciels effectuent ce calcul dans le plan pupille. Pourtant, l'algorithme dans le plan image se révèle au moins aussi fiable et rapide.

EMPLACEMENT Après PUPILL ou toute surface optique. Il est fortement recommandé de ne l'utiliser qu'après une surface de type "refocalisation" (IMAGE, REFOCS, etc...).

PARTICULARITES
1) Ne peut fonctionner sans définition de longueur d'onde (LAMBDA ou SIGMA).
2) Ne peut fonctionner sans définition préalable de la position de la pupille de sortie (PUPSOR).
3) Instruction compatible avec un maillage rectangulaire (GRILLE) seulement.

4.3 DIFFRACTION DE FRESNEL

L'instruction de base pour modéliser la diffraction de Fresnel d'un système optique dans un faisceau convergent est DFRESN, qui calcule la carte d'énergie diffractée dans un plan quelconque par double transformation de Fourier. De plus, les instructions suivantes présentent des options avancées pour filtrer les amplitudes complexes dans le plan image. On peut s'en servir pour modéliser (entre autre) un coronographe.

MOT-CLE	INSTRUCTION	Sous-programme / Numéro	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
>DFRESN	Calcule la carte d'énergie diffractée dans un plan quelconque par double transformation de Fourier	GERDFF/85	Oui
>FILIMA	Définit un filtre spatial en amplitude dans le plan image intermédiaire, lors d'un calcul de diffraction par double transformation de Fourier	LFILIM/86	Oui
>FILDIF	Définit un filtre spatial en amplitude dans le plan de diffraction, lors d'un calcul par double transformation de Fourier	LFILDF/87	Oui
>APOFIA	Apodisation en amplitude d'un filtre spatial (plan image)	LAPOFI/88	Non[1]
>APOFIE	Apodisation en intensité d'un filtre spatial (plan image)	LAPOFI/88	Non [2]
>APOFDA	Apodisation en amplitude d'un filtre spatial (plan de diffraction)	LAPOFD/89	Non[1]
>APOFDE	Apodisation en intensité d'un filtre spatial (plan de diffraction)	LAPOFD/89	Non[2]

[1] Mais quasi-identique à celle de l'instruction >APODIA décrite au paragraphe 2.3.

[2] Mais quasi-identique à celle de l'instruction >APODIE décrite au paragraphe 2.3.

MOT-CLE **DFRESN** Sous-programme GERDFF
Numéro 85

ROLE Calcule les amplitudes et intensités diffractées dans un plan de calcul quelconque, mais **situé dans un faisceau convergent ou divergent**. Cet algorithme par double transformation de Fourier rapide (FFT) utilise la réponse impulsionnelle (ou PSF) estimée dans un plan image intermédiaire, et imprime dans le fichier ***.out*** la carte des intensités finalement diffractées dans le plan de calcul. De même que pour l'instruction REPFFT, on ne peut pas choisir librement les dimensions et échantillonnages dans le plan de calcul.

SYNTAXE **>DFRESN I1 I2 R1 I3 (I4)**

PARAMETRES
- I1 Nombre total de points de calcul du tableau de l'intensité diffractée dans le plan de calcul suivant Y (I1 < 512).
- I2 Nombre total de points de calcul du tableau de l'intensité diffractée dans le plan de calcul suivant Z (I2 < 512).
- R1 Coordonnée du point de convergence intermédiaire suivant l'axe optique X.
- I3 Choix du type de calcul et de normalisation. Seules certaines valeurs sont autorisées pour ce paramètre (dans tous les autres cas, COSAC impose que I3 = 0).
  - I3 ≥ 0 : Le calcul tient compte de la diffraction de Fresnel.
  - I3 < 0 : Calcul simplifié (double transformation de Fourier sans diffraction de Fresnel).
  - I3 = 0 : Aucune normalisation (résultats bruts).
  - |I3| = 3 : Maximum du tableau des résultats mis égal à 1 d'autorité.
  - |I3| = 4 : L'intégrale du tableau des résultats est égale à 1.
  - |I3| = 5 : Normalisation "photométrique": l'intégrale du tableau des résultats est égale au produit du flux d'entrée par la transmission.
- I4 Option pour sortie. Si I4 = 0, le tableau de l'intensité diffractée sera écrit dans le fichier ***.out***. Dans le cas contraire, aucun résultat n'apparaît. Par défaut I4 = 0.

EXEMPLE **>DFRESN 129 129 -0.067 3**

On choisit dans le plan de calcul un maillage de 129 x 129. On impose que la PSF image intermédiaire soit située à la cote x = -0.067 mm (le plan de calcul peut se trouver beaucoup plus loin et les dimensions de la tache diffractée sont automatiquement calculées par COSAC). Un exemple de sortie est donné page suivante: apparaissent notamment le numéro de la surface optique où le calcul est effectué (**obligatoirement un plan**), la longueur d'onde et la demi-ouverture angulaire, la distance du plan de calcul à l'image intermédiaire, le déphasage maximal calculé dans le plan de la PSF, et les dimensions de la zone de calcul. **Le déphasage maximal est un critère important**: on peut considérer que le calcul n'est valide que s'il est inférieur à 10 en valeur absolue. Les caractéristiques de la PSF intermédiaire n'apparaissent jamais dans les sorties (il faudrait pour cela rajouter des instructions REPIMP ou REPFFT dans le fichier ***.dat***).

EMPLACEMENT On ne peut utiliser cette instruction qu'immédiatement après une surface optique fictive plane (instruction "PLAN").

PARTICULARITES
1) Ne peut fonctionner sans définition de longueur d'onde (LAMBDA ou SIGMA).
2) Instruction compatible avec un maillage rectangulaire (GRILLE) seulement.
3) La dernière surface optique rencontrée doit être un PLAN.
4) Peut être précédé par des options de filtrage dans le plan image intermédiaire (FILIMA) ou dans le plan de calcul (FILDIF), voir plus loin.

```
SURFACE NUMERO  10 :  INTENSITES DIFFRACTEES

LONGUEUR D'ONDE                .6328 MICRONS    OUVERTURE NUMERIQUE            .061027
DISTANCE FOYER-PLAN IMAGE   -99.9330 MM         DEPHASAGE MAXIMAL CALCULE    -2.1280 ONDES

LIMITES DU MAILLAGE :    -7.8013 <  Y  <     7.8013 MM
                         -7.8013 <  Z  <     7.8013 MM
MAXIMUM : 99 CORRESPOND A 100.0000 %

POINTS AFFICHES : 1/3 SUIVANT Y
                  1/3 SUIVANT Z

 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 4 2 2 3 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 3 82017 9 6 6121521 8 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 7161314121312 7 8131312131216 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 21715121213121213 7 81411131213141319 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 216141210121617191810101717151610111014182 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 319131111191913141313 8 714131415211311211 20 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 217121114191514141215 12 8 81413111214211714 91132 1 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 05110 916161414121113141710 916131213121415171210 7 5 1 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 018 5 912171312111217151212 8 8121416141212131420 8 7 916 3 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 113 7 8251213131215141213141311151413131514131314215 5 7 9 3 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 7 9 913151312141711141915111 0 810171812131514121321 12 9 6 4 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 2 7 914241312131513151511 9 2 1 1 2101418131415141213281 9 913 2 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 01011 9161712131413131712 2 0 0 0 0 0 0 1131912141312141515131113 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0231011252123151413181 2 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1161512171313132410131 9 1 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 1201113181412161313 16 9 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 9151413151213191410 16 2 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 4101112141312151215 12 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1121412151113171310 13 4 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 4111215151311151314 15 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1141613181115171111 12 5 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 2121013141412161117 15 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1151712121014181311 12 4 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 4121113171312161215 13 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0151513151213151410 13 6 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 120 9151513111513141315 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 8151314151313171111 16 1 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 1241012181313151216 4 1 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 3171314131417121215 1 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 012131116151415 1 7161415 3 0 0 0 0 0 0 2121816 6 0151316151112 16 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 612111418 4 411141112171115 3 2 2 513121712131311 4 422121112 5 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 1201112 4 3161215141112151612141411161613121314131 15 6 5101221 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 010 1 321201313131514131311131613141211141514131313202 03 3 213 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 025121113191312111415141212111011141614121113131811101231 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 313111116171313121241515151514141113121414171512111 4 2 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 317111114191513121313121213131412121416171411101 7 3 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 319141214162316131413121212141217221711121015 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 220131111101823211924232321181413111111219 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 119131412141013 8121011 9141310121320 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 61711131412 7 8 7 8 915121414 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 4 71818321113131319 5 4 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 3 0 1 5 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

MOT-CLE **FILIMA** Sous-programme LFILIM
Numéro 86

ROLE Définit un filtre spatial en amplitude dans le plan image intermédiaire, lors d'un calcul de diffraction par double transformation de Fourier (instruction DFRESN). FILIMA doit être suivi d'une description plus précise de la nature du filtre, qui s'effectue au moyen des instructions de définition des masques, interprétées ici d'une manière légèrement différente (au moyen de la chaîne de caractères C1).

SYNTAXE
>FILIMA R1 R2
>C1 I1 R3 (R4) (R5) (R6)

PARAMETRES
R1 Décentrement du filtre suivant l'axe Y (mm).
R2 Décentrement du filtre suivant l'axe Z (mm).
C1 Chaîne de 5 ou 6 caractères définissant les limites du filtre. **On réutilise ici les mêmes mots-clé définissant les masques** décrits dans les volumes 1 et 2.
I1 Nombre entier qui définit le type et le signe du filtre (voir ci-dessous). La transmission maximale en amplitude est toujours égale à 1. Le cas I1 = 0 n'est pas accepté (arrêt du programme).
- I1 > 0 : La zone de transmission maximale est située à l'intérieur du filtre C1. La zone de transmission minimale est à l'extérieur.
- I1 < 0 : La zone de transmission maximale est située à l'extérieur du filtre C1. La zone de transmission minimale est à l'intérieur.
- |I1| = 1 La transmission minimale en amplitude est égale à 0.
- |I1| = 2 La transmission minimale en amplitude est égale à -1.

R3 Premier paramètre réel associé à C1.
R4 Deuxième paramètre réel associé à C1 (optionnel, dépend de C1).
R5 Troisième paramètre réel associé à C1 (optionnel, dépend de C1).
R6 Quatrième paramètre réel associé à C1 (optionnel, dépend de C1).

EXEMPLE
```
>PLAN     -100.    0.    0.    0.    0.    0.
>FILIMA     0.     0.
>CERCLE     1     0.05
>DFRESN    129    129          -0.067  3
```

On ne peut rêver d'un filtrage plus simple: un trou circulaire de 100 μm de diamètre centré sur l'axe optique est placé dans le plan image intermédiaire à la cote x = –0.067 mm. La distance au plan de calcul des amplitudes diffractées est égale à –100. + 0.067 = –99.933 mm le long de l'axe optique X.

EMPLACEMENT Cette option de calcul doit être placée immédiatement **après** une surface plane (instruction PLAN), et **avant** l'instruction DFRESN à laquelle elle est associée (voir l'exemple).

PARTICULARITES 1) 0 ou 1 déclaration possible par surface de calcul (définie par PLAN).
2) Voir également les particularités de l'instruction DFRESN.

MOT-CLE **FILDIF** Sous-programme LFILDF
Numéro 87

ROLE Définit un filtre spatial en amplitude dans le plan de diffraction, lors d'un calcul par double transformation de Fourier (instruction DFRESN). FILDIF doit être suivi d'une description plus précise de la nature du filtre, qui s'effectue au moyen des instructions de définition des masques, interprétées ici d'une manière légèrement différente.

SYNTAXE

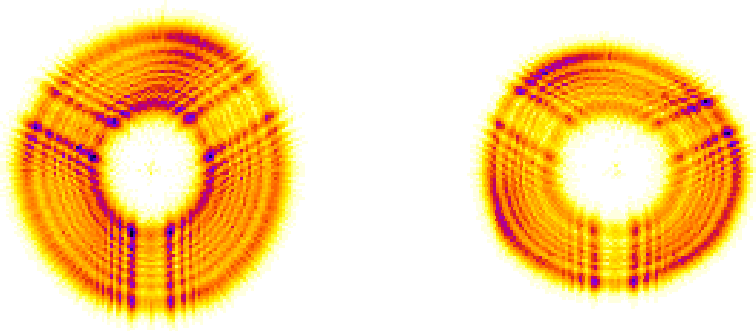
>FILDIF	**R1**	**R2**			
>C1	**I1**	**R3**	**(R4)**	**(R5)**	**(R6)**

PARAMETRES Ce sont les mêmes que pour FILIMA, y compris C1.

EXEMPLE Aucun pour le moment.

EMPLACEMENT Voir FILIMA.

PARTICULARITES Voir FILIMA (combien de fois faudra-t-il vous le répéter ?-)



5. MANIPULATIONS DE FICHIERS EXTERNES

L'une des particularités de COSAC réside dans la possibilité offerte à l'utilisateur de créer, lire ou écrire un grand nombre de fichiers de données en même temps. On peut ainsi effectuer les opérations suivantes:

1) Sauvegarder certains des résultats de calcul les plus "classiques" (OPD, PSF, FTM, etc…) dans des fichiers externes, ainsi que cela a été expliqué dans le chapitre 6 du **Mode d'emploi détaillé, vol.1** (instructions SORFIC, DCOFIC, etc…).
1) Sauvegarder un certain nombre de tableaux de calculs intermédiaires utilisés par COSAC pour le tracé des rayons dans des fichiers externes (instruction RAYFIC). Les fichiers ainsi créés peuvent être visualisés et analysés par un autre logiciel et servir ainsi à valider les données calculées. De plus, il s'agît (pour le moment) de la seule instruction qui permet de sauvegarder les cartes de transmissions des rayons.
2) Et enfin, créer ses propres fichiers de données externes (macro-instructions OUVRIR/FERMER). L'utilisateur les remplira ensuite à sa guise (instruction ECRIRE) et sous le format de son choix (instruction FORMAT). Ceci permet par exemple de court-circuiter l'écriture de résultats trop volumineux dans le fichier ***.out***, afin de les mettre sous une forme plus compacte et/ou plus lisible dans un fichier personnalisé.

On se concentre ici plus particulièrement sur les deux dernières possibilités (sauvegarde de tableaux de calcul intermédiaires, § 5.1, et création de fichiers personnalisés, § 5.2), qui ne sont pas décrites dans le volume 1.

ATTENTION !

Il existe des limites à respecter pour l'utilisation (ouverture, lecture, écriture, fermeture) de fichiers externes au cours de l'exécution du programme. Les nombres limites sont:

- ✓ 100 fichiers externes pour la sauvegarde de tableaux de calcul (résultats ou données intermédiaires) au maximum.
- ✓ 10 fichiers externes "personnalisés" au maximum.

5.1 FICHIERS DE CALCUL COSAC

Voici pour commencer un mot-clé parfois très utile.

MOT-CLE **CHEMIN** Sous-programme Numéro ECHEM 149/M_9

ROLE Définit le chemin d'accès aux fichiers externes à lire ou à écrire.

SYNTAXE **CHEMIN (C1)**

PARAMETRES C1 Chaine de caractères décrivant le nom du chemin d'accès (120 caractères maximum). S'il n'est pas fourni, COSAC lira/écrira les fichiers externes dans le même dossier que le fichier ***.exe***.

EXEMPLE
```
CHEMIN    in\
>RAYFIC   TRE   ASCII      test17.txt     1.
```

Ecrira le fichier externe test17.txt (voir fiche suivante) dans le sous-dossier '***in***' du dossier où vous travaillez actuellement.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES
1) Ne concerne pas les fichiers ***.dat*** et ***.out***.
2) Est également considérée comme une instruction normale. Dans ce cas elle doit être précédée du signe '>' et peut apparaître n'importe où dans le fichier ***.dat***.

MOT-CLE **RAYFIC** Sous-programme ECRFIC
Numéro 92

ROLE Ecrit dans un fichier ASCII un tableau de calcul intermédiaire utilisé pour le tracé des rayons.

SYNTAXE **>RAYFIC C1 C2 C3 (R1)**

PARAMETRES
C1 Chaîne de caractères en 3 lettres spécifiant le tableau intermédiaire à sauvegarder. La liste de tous ces acronymes est donnée en Annexe 1.
C2 Type du fichier externe (en 5 lettres) dans lequel le tableau de sortie sera sauvegardé. Ici, vous avez le choix entre ASCII (valeurs numériques écrites ligne par ligne, sans en-tête) et CODE5 (crée un fichier ***.int*** lisible par le logiciel CODE V). Mais ASCII est fortement recommandé…
C3 Nom du fichier externe où sera sauvegardé le tableau intermédiaire. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum (en incluant l'extension).
R1 Facteur d'échelle multiplicatif des données écrites. Par défaut R1 = 1.

EXEMPLE **>RAYFIC TRE ASCII test17.txt 1.**

Ordonne à COSAC d'écrire, dans le fichier ASCII nommé ***test17.txt***, le tableau des transmissions énergétiques des rayons, à l'endroit du système optique où l'instruction a été rencontrée.

EMPLACEMENT Après PUPILL ou toute surface optique.

PARTICULARITES Il est possible de contrôler le format d'écriture dans le fichier externe au moyen d'un mot-clé FORMAT que l'on placera tout de suite après l'instruction RAYFIC. En son absence, le format d'écriture sera le format * du FORTRAN. Comme il s'agît de tableaux, on utilisera plutôt ici le type d'exemple de FORMAT cité dans le volume 1.

5.2 FICHIERS CONSTRUITS PAR L'UTILISATEUR

Pour créer ses propres fichiers de données externes, il faut d'abord les ouvrir. Ceci se fait au moyen de la macro-instruction OUVRIR (qui sera donc décrite ici plutôt qu'au chapitre 6 où sont exposées la plupart de ces "macro-instructions"). L'utilisateur remplira ensuite le fichier de données à sa guise (instruction ECRIRE) et sous le format de son choix (instruction FORMAT). Enfin, il est souhaitable (mais pas obligatoire) de refermer le fichier externe au moyen de la macro-instruction FERMER. Voyons tout ceci dans l'ordre.

MOT-CLE **OUVRIR** Sous-programme OPFILE
Numéro M_3

ROLE Ouvre un fichier externe pour l'utilisateur à partir du fichier ***.dat***.

SYNTAXE **OUVRIR C1**

PARAMETRES C1 Nom du fichier externe à ouvrir. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum, en incluant l'extension.

EXEMPLE **OUVRIR CALCUL.RES**

Ouvre le fichier externe CALCUL.RES. Le crée s'il n'existe pas déjà.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES Est considérée comme une macro-instruction: ne doit pas être précédé du signe '>' et peut apparaître n'importe où dans le fichier ***.dat***.

MOT-CLE **ECRIRE**

Sous-programme WRITEX
Numéro 91

ROLE Ecrit la valeur d'un ou plusieurs paramètres du système optique et/ou de résultats de calcul, dans un fichier externe préalablement ouvert par l'utilisateur.

SYNTAXE **>ECRIRE C1 C2 (C3) (C4) …(C14)**

PARAMETRES
C1 Nom du fichier externe dans lequel les paramètres et résultats seront écrits. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum (en incluant l'extension).
C2 Chaîne de caractères alphanumériques désignant le 1er paramètre et/ou résultat à écrire. **La syntaxe précise de cette chaîne de caractères est donnée dans l'Annexe 2**, et doit impérativement être respectée.
C3, C4, etc… Chaînes de caractères alphanumériques désignant les paramètres et/ou résultats à écrire suivants (optionnels).

EXEMPLE **>ECRIRE CALCUL.RESEX(20) RMS**

Ecrit les valeurs de la cote suivant X de la 20ème surface du système optique, ainsi que le dernier RMS de la surface d'onde calculé par COSAC, dans le fichier CALCUL.RES (cf. explications sur "EX(20)" et "RMS" en Annexe 2).

EMPLACEMENT Indifférent (peut apparaître avant OBJET, PUPIL, etc…).

PARTICULARITES
1) Le fichier externe désigné par l'instruction ECRIRE doit avoir été ouvert au préalable dans le fichier ***.dat*** (macro-instruction OUVRIR, voir plus haut).
2) On peut écrire entre 1 et 13 paramètres et/ou résultats au moyen d'un seul mot-clé ECRIRE. Au-delà, il est nécessaire de placer des instructions ECRIRE supplémentaires dans le fichier ***.dat***.
3) Il est possible de contrôler le format d'écriture des paramètres et/ou résultats au moyen d'un mot-clé FORMAT que l'on placera tout de suite après ECRIRE. En son absence, le format d'écriture sera le format * du FORTRAN.

MOT-CLE **FORMAT**

Sous-programme Aucun
Numéro Aucun

ROLE

Impose un format d'écriture de un ou plusieurs paramètres du système optique et/ou de résultats de calcul, soit dans le fichier ***.out*** (instruction IMPRIM), soit dans un autre fichier externe ouvert par l'utilisateur au cours de l'exécution du programme (instructions ECRIRE, SORFIC, etc…). **C'est obligatoirement un format FORTRAN**.

SYNTAXE

>FORMAT C1
ou
FORMAT C1

PARAMETRES

C1 Chaîne de caractères alphanumériques représentant un format FORTRAN (incluant les parenthèses de début et de fin). Comme en FORTRAN, le format d'écriture doit respecter les nombre et types des paramètres et/ou résultats à écrire, ou il en résultera une erreur.

EXEMPLE

>FORMAT (1x,'X = ',f8.3,' mm ; RMS = ',f6.4,' Lambdas')

Ce format peut être associé aux exemples donnés pour IMPRIM et ECRIRE. Si la valeur de EX(20) est -276.7 mm et la valeur RMS de 0.0156 longueurs d'ondes, ces données seront écrites dans le fichier ***.out*** (instruction IMPRIM) ou dans le fichier externe (instruction ECRIRE) sous la forme:

X = -276.700 mm ; RMS = 0.0156 Lambdas

EMPLACEMENT

Immédiatement après les mots-clé d'écriture dont on souhaite contrôler les formats (IMPRIM, ECRIRE, SORFIC, etc…).

PARTICULARITES

1) FORMAT n'est pas considéré comme une instruction COSAC. Donc, on peut en écrire autant qu'on veut.
2) FORMAT ne s'applique qu'au dernier mot-clé d'écriture le précédant (IMPRIM, ECRIRE, SORFIC, etc…).
3) Le caractère '>' n'est pas obligatoire: Ainsi FORMAT s'applique aussi bien aux macro-instructions qu'aux instructions "normales".

MOT-CLE **FERMER** Sous-programme CLFILE
Numéro M_4

ROLE Ferme un fichier externe à partir du fichier ***.dat***.

SYNTAXE **FERMER C1**

PARAMETRES C1 Nom du fichier externe à fermer. Le nom doit comporter 12 caractères au maximum, en incluant l'extension.

EXEMPLE **FERMER CALCUL.RES**

Ferme le fichier externe CALCUL.RES.

EMPLACEMENT Après la macro-instruction d'ouverture (OUVRIR) du même fichier.

PARTICULARITES Est considérée comme une macro-instruction: ne doit pas être précédé du signe '>' et peut apparaître n'importe où dans le fichier ***.dat***.

NOTA

L'ordre de présentation adopté ici est celui qui est suivi par le programme en cours d'exécution (ouverture, écriture, et fermeture). Mais il n'est pas obligatoire de le suivre exactement ainsi dans le fichier ***.dat***, car les macro-instructions, tout en conservant leur ordre propre, peuvent apparaître n'importe où. C'est ainsi que les trois types de séquence suivants sont parfaitement équivalents (et ne génèreront pas de messages d'erreur).

Exemple 1: macro-instructions groupées au début	**Exemple 2**: macro-instructions groupées à la fin	**Exemple 3**: cas intermédiaire
OUVRIR EXEC FERMER (FIN) >LAMBDA >OBJET >PUPILL, etc… >ECRIRE >FORMAT >etc… >FIN	>LAMBDA >OBJET >PUPILL, etc… >ECRIRE >FORMAT >etc… >FIN OUVRIR EXEC FERMER (FIN)	OUVRIR EXEC >LAMBDA >OBJET >PUPILL, etc… >ECRIRE >FORMAT >etc… >FIN FERMER (FIN)

6. MACRO-INSTRUCTIONS

On appelle pompeusement “macro-instructions” un nombre très limité de mot-clés permettant d’imposer un mode de calcul différent de la simple exécution séquentielle des instructions “normales” depuis le début jusqu’à la fin du fichier ***.dat***. Si vous lisez ces lignes, vous avez déjà probablement rencontré les macro-instructions OUVRIR et FERMER du paragraphe 5.2. Rappelons brièvement que:

- Contrairement aux instructions “normales”, les macro-instructions COSAC ne sont pas précédées du caractère ‘>’
- Dans le fichier ***.dat***, les macro-instructions doivent être écrites suivant leur ordre de “macro-exécution”. Mais, comme elles sont de niveau supérieur, on peut les mélanger avec les instructions normales de différentes manières ainsi que cela est expliqué à la fin du § 5.2
- Enfin, la plupart des macro-instructions sont très liées à des instructions “normales” (précédées du caractère ‘>’). C’est pourquoi il est presque impossible d’expliquer les unes en l’absence des autres: elles seront donc présentées ensemble, comme dans le paragraphe 5.2

Sont considérées comme macro-instructions:

- ✓ Celles qui commandent les ouverture et fermeture d’un fichier de données externe (déjà vues au § 5.2)
- ✓ Celle qui permet des exécutions multiples en boucle (voir le paragraphe 6.1)
- ✓ Celles qui définissent une procédure d’optimisation des paramètres d’entrée (paragraphe 6.2). Quatre instructions normales leur sont associées
- ✓ Celles, plus rarement utilisées, qui servent à manipuler les tableaux-mémoire internes (paragraphe 6.3)
- ✓ Et enfin quelques autres, servant à manipuler les tableaux de résultats de calcul tels qu’ils ont été figés après le mot-clé ‘>FIN’ (paragraphe 6.4)

Les macro-instructions les plus courantes sont résumées dans le tableau ci-dessous.

MOT-CLE	ROLE	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
Macro-instructions		
EXEC	Exécution séquentielle “normale”	Voir ci-dessous
BOUCLE	Exécutions en boucle	Voir § 6.1
OUVRIR	Ouverture d’un fichier externe	Voir § 5.2
FERMER	Fermeture d’un fichier externe	Voir § 5.2
CHEMIN	Définition du chemin d'accès aux fichiers externes	Voir § 5.1
OPTVAR	Procédure d’optimisation de paramètres d’entrée	Voir § 6.2
OPTPAR	Définition des paramètres de la procédure d’optimisation	Voir § 6.2
VALPAR	Assigne une valeur numérique à un paramètre d’entrée	Non
TFTAB	Calcule la transformée de Fourier d’un tableau de résultats	Voir § 6.4
FIN	Termine la liste des macro-instructions	Voir ci-dessous
Instructions normales associées à OPTVAR		
>ACRIT1	Ajoute un terme linéaire au critère d’optimisation	Voir § 6.2
>ACRIT2	Ajoute un terme quadratique au critère d’optimisation	Voir § 6.2
>MULCRI	Multiplie le critère d’optimisation par un scalaire	Voir § 6.2
>CRIPUI	Elève le critère d’optimisation à une puissance réelle	Voir § 6.2

Les deux macro-instructions les plus simples sont évidemment EXEC (simple exécution séquentielle des instructions contenues dans le fichier d’entrée ***.dat***) et FIN (termine la liste des macro-instructions). Elles sont d’ailleurs toutes deux implicites si aucune autre macro-instruction ne figure dans le fichier ***.dat*** (dans ce cas COSAC effectue dans l’ordre toutes les instructions précédées du caractère ‘>’, puis s’arrête). EXEC et FIN sont décrites ci-dessous à titre d’exemples.

MOT-CLE **EXEC** Sous-programme EXEMUL
Numéro M_1

ROLE Impose au programme son mode de travail le plus courant, c'est-à-dire l'exécution séquentielle de toutes les instructions incluses dans le fichier ***.dat***. L'exécution ne se déroule qu'une seule fois.

SYNTAXE **EXEC**

PARAMETRES Aucun.

EXEMPLE
```
EXEC
>OBJET     etc…
>PUPILL    etc…
>PLAN      etc…
>SPODIA    etc…
FIN
```

Voici une séquence d'instructions normales très simples, entourée de deux macro-instructions: **EXEC** ordonne à COSAC d'exécuter toutes les instructions "normales" dans l'ordre, et **FIN** lui signifie de s'arrêter ensuite. L'exemple est surtout pédagogique, car en l'absence d'**EXEC** et de **FIN**, le programme ferait la même chose par défaut.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES
1) EXEC ne doit figurer dans le fichier ***.dat*** que si d'autres macro-instructions y sont présentes. Sinon il est implicite.
2) EXEC n'est pas compatible avec BOUCLE et OPTVAR.

MOT-CLE **FIN** Sous-programme Aucun
Numéro M_21

ROLE Termine la liste des macro-instructions à effectuer dans le fichier ***.dat***.

SYNTAXE **FIN**

PARAMETRES Aucun.

EXEMPLE Voir l'exemple précédent.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES
1) S'il est omis, COSAC le place par défaut à la fin du fichier ***.dat***, de sorte que toutes les macro-instructions précédentes seront exécutées.
2) Peut être placé n'importe où dans le fichier, de manière à court-circuiter les macro-instructions placées à la suite, sans être obligé de les effacer.

6.1 EXECUTIONS EN BOUCLE

MOT-CLE **BOUCLE** Sous-programme EXBOUC
Numéro M_2

ROLE Impose au programme un mode d'exécution répétitif: BOUCLE autorise un paramètre du système optique à varier entre deux valeurs limites, en suivant un incrément fixé par l'utilisateur. COSAC exécutera alors la suite des instructions "normales" incluses dans le fichier ***.dat*** pour chacune des valeurs du paramètre. Les paramètres d'entrée acceptés par BOUCLE sont ceux de type **P** donnés dans l'Annexe 2.

SYNTAXE **>BOUCLE C1 R1 R2 R3**

PARAMETRES
C1 Chaîne de caractères alphanumériques désignant le paramètre du système optique à faire varier. La syntaxe exacte de ces caractères est décrite dans l'Annexe 2.
R1 Valeur initiale du paramètre à faire varier.
R2 Valeur finale du paramètre à faire varier.
R3 Valeur de l'incrément du paramètre entre chaque exécution.

EXEMPLE **>BOUCLE EX(20) -0.10 0.10 0.01**

Ici EX(20) désigne la coordonnée suivant X de la 20ème surface du système optique (voir l'Annexe 2). Supposons que cette surface soit en fait une refocalisation dans un plan (voir le volume 1, § 4.3). La boucle revient alors à faire varier le plan de refocalisation de -0.1 mm à +0.1 mm le long de l'axe optique, tous les 10 microns, dans le but d'y effectuer certains calculs optiques (RMS, énergies encerclées, FTM, etc...).

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES
1) Dans un fichier ***.dat***, on ne peut introduire que trois macro-instructions BOUCLE au maximum (faisant ainsi varier trois paramètres du système optique). Les boucles s'imbriquent de la même manière qu'en langage FORTRAN.
2) BOUCLE n'est pas compatible avec EXEC ou OPTVAR.

6.2 PROCEDURE D'OPTIMISATION

COSAC est également pourvu d'une procédure d'optimisation faisant varier un ou plusieurs paramètres du système optique définis dans le fichier ***.dat***, afin d'améliorer les résultats de calcul du programme (ou une combinaison de ces résultats). Cette procédure d'optimisation suit un algorithme de Davidon-Fletcher-Powell. Pour l'exécuter, il est nécessaire d'introduire dans le fichier ***.dat*** certaines macro-instructions (accompagnées d'autres instructions "normales") décrites dans ce paragraphe.

1) OPTVAR est une macro-instruction servant à désigner un paramètre variable du système optique. COSAC passe automatiquement en mode "optimisation" dès qu'il rencontre la première de ces macro-instructions. On peut écrire au maximum 20 mots-clés OPTVAR dans le fichier ***.dat***. Ce qui suppose évidemment autant de paramètres variables dans le système optique.
2) OPTPAR est une macro-instruction fixant quelques caractéristiques de la procédure d'optimisation.
3) Enfin, ACRIT1, ACRIT2, MULCRI et CRIPUI sont des instructions "normales" qui permettent à l'utilisateur de définir son propre critère d'optimisation, c'est-à-dire la combinaison des résultats de calcul qu'il souhaite améliorer[1]. Une méthode classique consiste à construire un critère des moindres carrés que l'on cherchera à minimiser, mais la procédure d'optimisation de COSAC permet également de travailler sur le maximum d'autres critères (par exemple, une valeur de FTM à une fréquence spatiale donnée, etc.).

[1] Parfois appelée "fonction de mérite" dans d'autres logiciels de calcul optique.

MOT-CLE **OPTVAR**

Sous-programme EXOPTI
Numéro M_5

ROLE

Impose au programme une procédure d'optimisation, et lui désigne un paramètre variable du système optique, dans le but d'améliorer un critère de qualité (défini par d'autres instructions du fichier ***.dat***). COSAC exécutera alors la suite d'instructions "normales" du fichier ***.dat*** pour chaque nouvelle valeur du ou des paramètres désignés, jusqu'à ce que le critère ne puisse plus être suffisamment amélioré.

SYNTAXE **OPTVAR C1 R1**

PARAMETRES

C1 Chaîne de caractères alphanumériques désignant le paramètre du système optique à faire varier entre chaque itération de la procédure d'optimisation. La syntaxe exacte de ces caractères est décrite dans l'Annexe 2.

R1 Facteur d'échelle du paramètre variable. Cette valeur devrait de préférence être telle que son produit avec le paramètre à optimiser soit de l'ordre de l'unité (ce qui suppose donc d'avoir une idée préalable du domaine de variation de ce paramètre). Cela permet d'améliorer la précision de calcul du gradient du critère d'optimisation utilisé par l'algorithme.

EXEMPLE **OPTVAR EX(20) 10.**

On reprend le même cas que pour BOUCLE (voir plus haut). On cherche à déterminer la valeur de EX(20) qui, par exemple, maximisera une valeur de FTM à une certaine fréquence spatiale. Le facteur multiplicatif est de 10. car on s'attend à des refocalisations de l'ordre de 0.1 mm.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES

1) Le nombre maximum de macro-instructions OPTVAR dans un fichier ***.dat*** est vingt: on ne peut donc optimiser simultanément que 20 paramètres du système optique.
2) Doit obligatoirement être accompagné d'une macro-instruction OPTPAR.
3) OPTVAR n'est pas compatible avec EXEC ou BOUCLE.

MOT-CLE **OPTPAR** Sous-programme Aucun
Numéro M_6

ROLE Définit certains paramètres indispensables à l'exécution d'une procédure d'optimisation.

SYNTAXE **OPTPAR I1 R1 I2 (I3)**

PARAMETRES
- I1 Nombre maximum d'itérations autorisées pour la procédure d'optimisation. Au-delà, il y a arrêt du programme.
- R1 Variation du critère d'optimisation (entre deux itérations successives) au-dessous de laquelle la procédure est arrêtée, l'amélioration étant jugée trop faible.
- I2 Si I2 > 0, la procédure cherche à maximiser le critère d'optimisation. Si I2 ≤ 0, elle cherche à le minimiser.
- I3 Contrôle des sorties à l'écran et dans le fichier ***.out***: Si I3 = 0, les résultats de l'optimisation sont indiqués à chaque itération. Dans le cas contraire, ils sont tous supprimés. Par défaut I3 = 0.

EXEMPLE **OPTPAR 200 0.000001 1**

On autorise 200 itérations au maximum. Toute variation du critère d'optimisation inférieure à 10^{-6} entre deux itérations provoquera l'arrêt automatique du programme. On cherche ici le maximum du critère d'optimisation.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES Cette macro-instruction est indispensable au démarrage d'une procédure d'optimisation. Elle ne doit apparaître qu'une seule fois dans le fichier ***.dat***.

MOT-CLE **ACRIT1**

Sous-programme ACRIT1
Numéro 121

ROLE Ajoute (en valeur absolue) au critère d'optimisation construit par l'utilisateur un terme linéaire comportant un résultat de calcul du programme.

SYNTAXE **>ACRIT1 C1 R1 R2**

PARAMETRES
C1 Chaîne de caractères alphanumériques désignant le résultat de calcul à introduire dans le critère d'optimisation. La syntaxe exacte de ces caractères est décrite dans l'Annexe 2.
R1 Valeur à retrancher au résultat de calcul défini par C1. Permet d'introduire sa "valeur cible", ou but d'optimisation.
R2 Facteur d'échelle. La différence entre le résultat de calcul et la valeur cible (voir C1 et R1) sera finalement divisée par R2, et ajoutée à l'ancienne valeur du critère d'optimisation.

EXEMPLE **>ACRIT1 FTP 1. 0.1**

Revient à effectuer l'opération suivante sur le critère d'optimisation:

$$Critère = Critère + \left| \frac{Valeur(\mathrm{FTP}) - 1.}{0.1} \right|$$

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES
1) Avant toute exécution séquentielle de COSAC (et donc à chaque itération de la procédure d'optimisation), la valeur du critère construit par l'utilisateur est réinitialisée à zéro.
2) Il est prudent de vérifier que le résultat de calcul défini par le paramètre C1 a effectivement été calculé par COSAC lors d'une instruction précédente. Dans le cas contraire, ce résultat restera toujours égal à zéro, et donc sans influence sur la procédure d'optimisation.

MOT-CLE **ACRIT2**

Sous-programme ACRIT2
Numéro 122

ROLE Ajoute au critère d'optimisation construit par l'utilisateur un terme quadratique comportant un résultat de calcul du programme.

SYNTAXE **>ACRIT2 C1 R1 R2**

PARAMETRES
C1 Chaîne de caractères alphanumériques désignant le résultat de calcul à introduire dans le critère d'optimisation. La syntaxe exacte de ces caractères est décrite dans l'Annexe 2.
R1 Valeur à retrancher au résultat de calcul défini par C1. Permet d'introduire sa "valeur cible", ou but d'optimisation.
R2 Facteur d'échelle. La différence entre le résultat de calcul et la valeur cible (voir C1 et R1) sera finalement divisée par R2, et ajoutée quadratiquement à l'ancienne valeur du critère d'optimisation.

EXEMPLE **>ACRIT2 FTP 1. 0.1**

Revient à effectuer l'opération suivante sur le critère d'optimisation:

$$Critère = Critère + \left[\frac{Valeur(\mathrm{FTP}) - 1.}{0.1}\right]^2$$

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES
1) Avant toute exécution séquentielle de COSAC (et donc à chaque itération de la procédure d'optimisation), la valeur du critère construit par l'utilisateur est réinitialisée à zéro.
2) Il est prudent de vérifier que le résultat de calcul défini par le paramètre C1 a effectivement été calculé par COSAC lors d'une instruction précédente. Dans le cas contraire, ce résultat restera toujours égal à zéro, et donc sans influence sur la procédure d'optimisation.

MOT-CLE **MULCRI** Sous-programme MULCRI
Numéro 123

ROLE Multiplie par un scalaire le critère d'optimisation construit par l'utilisateur.

SYNTAXE **>MULCRI R1**

PARAMETRES R1 Facteur multiplicatif du critère d'optimisation.

EXEMPLE **>MULCRI 10.**

Revient à effectuer l'opération suivante sur le critère d'optimisation:

$$Critère = 10. \text{ x } Critère$$

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES Avant toute exécution séquentielle de COSAC (et donc à chaque itération de la procédure d'optimisation), la valeur du critère construit par l'utilisateur est réinitialisée à zéro.

MOT-CLE **CRIPUI** Sous-programme CRIPUI
Numéro 124

ROLE Elève le critère d'optimisation à une puissance réelle définie par l'utilisateur.

SYNTAXE **>CRIPUI R1**

PARAMETRES R1 Puissance du critère d'optimisation.

EXEMPLE **>CRIPUI 0.5**

Revient à effectuer l'opération suivante sur le critère d'optimisation:

$$Critère = \sqrt{Critère}$$

Il est très conseillé d'utiliser cet exemple lorsque l'on a fini de construire un critère des moindres carrés (à base de mots-clé ACRIT2). Bien sûr, d'autres valeurs de R1 sont possibles.

EMPLACEMENT Indifférent.

PARTICULARITES Avant toute exécution séquentielle de COSAC (et donc à chaque itération de la procédure d'optimisation), la valeur du critère construit par l'utilisateur est réinitialisée à zéro.

6.3 MANIPULATION DU TABLEAU-MEMOIRE INTERNE

Ici, cela se complique un peu. COSAC dispose en fait de deux tableaux-mémoire internes (l'un à une dimension, l'autre à deux dimensions) dans lesquels l'utilisateur peut "conserver" certains résultats de calculs, par exemple obtenus lors d'exécutions en BOUCLE. Ceci permet d'effectuer des opérations plus ou moins évoluées dans les tableaux-mémoire (addition, soustraction, calcul de contraste…), sans sortir du programme principal. Il ne s'agît pas à proprement parler de macro-instructions, toutefois leur usage est tellement lié à celles-ci qu'il n'était ni utile ni même souhaitable de les présenter plus tôt dans ce document. Le temps et la place manquent pour donner de plus amples explications, aussi les mots-clé utilisés pour manipuler les tableaux internes sont-ils simplement résumés dans le tableau ci-dessous. Certains des exemples fournis avec le logiciel comportent ce type d'instructions. Des fiches détaillées seront rajoutées ultérieurement si le besoin s'en fait sentir.

MOT-CLE	INSTRUCTION	Sous-programme / Numéro (ou macro-numéro)	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
>MEMPAR	Sauvegarde d'un paramètre dans le tableau-mémoire interne	WRITAB/45	Non[1]
>MEMTAB	Sauvegarde d'un tableau de paramètres dans le tableau-mémoire interne	MEMTAB/47	Non
>ADDMEM	Addition de paramètres dans le tableau-mémoire interne	ADDMEM/48	Non
>TABMEM	Chargement d'un tableau de paramètres dans le tableau-mémoire interne	TABMEM/49	Non
>CONFRA	Calcule le contraste interférométrique des données contenues dans le tableau-mémoire interne[2]	CONFRA/67	Non

[1] Mais quasi-identique à celle de l'instruction >ECRIRE donnée au chapitre 5.

[2] Cela n'a de sens que si ces données sont des différences de marche optiques, bien sûr.

6.4 MANIPULATION DES TABLEAUX DE RESULTATS

Ce type de macro-instructions, en nombre limité, permet à l'utilisateur de manipuler les tableaux de résultats de calcul tels qu'ils ont été figés après le mot-clé '>FIN'. La plupart d'entre elles ont en fait une double nature, puisqu'on peut aussi les employer avant le mot-clé '>FIN', comme des instructions normales. Leur liste est résumée dans le tableau ci-dessous.

A NOTER
L'utilisateur peut également sauver le contenu de la plupart des tableaux-résultats dans un fichier externe à l'aide de l'instruction SORFIC déjà vue dans le **Mode d'emploi détaillé (vol. 1)**, afin de les retravailler ensuite avec d'autres logiciels.

MOT-CLE	INSTRUCTION	Sous-programme / Numéro	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
Instructions normales			
>CHEMIN	Définition du chemin d'accès aux fichiers externes	ECHEM/149	Voir § 5.1
>INITAB	Réinitialisation d'un tableau de résultats	INITTA/171	Non
>IMPTAB	Impression d'un tableau de résultats	PRITAB/59	Non
>NORTAB	Normalisation d'un tableau de résultats	NORMTA/172	Non
>MULTAB	Multiplication d'un tableau de résultats par un scalaire	MULTTA/173	Non
>TFTAB	Calcule la transformée de Fourier d'un tableau de résultats	TFTAB/174	Non
>BRUITS	Ajoute des bruits de détection à un tableau de résultats	BRUTAB/158	Voir § 4.2
>REDTAB	Extrait un sous-tableau d'un tableau de résultats	REDTTA/176	Non
>APOTAB	Apodise un tableau de résultats	APOTTA/177	Non
>DIGTAB	Digitalise un tableau de résultats	DIGTTA/178	Non
>PIXTAB	"Pixelise" un tableau de résultats	PIXTAB/179	Non

MOT-CLE	MACRO-INSTRUCTION	Sous-programme / Numéro	Fiche détaillée donnée dans ce document ?
Macro-instructions			
>CHEMIN	Définition du chemin d'accès aux fichiers externes	ECHEM/M_9	Voir § 5.1
INITAB	Réinitialisation d'un tableau de résultats	INITTA/M_17	Non
IMPTAB	Impression d'un tableau de résultats	PRITAB/M_8	Non
NORTAB	Normalisation d'un tableau de résultats	NORMTA/M_12	Non
MULTAB	Multiplication d'un tableau de résultats par un scalaire	MULTTA/M_13	Non
TFTAB	Calcule la transformée de Fourier d'un tableau de résultats	TFTAB/M_14	Non
BRUITS	Ajoute des bruits de détection à un tableau de résultats	BRUTAB/M_15	Voir § 4.2
REDTAB	Extrait un sous-tableau d'un tableau de résultats	REDTTA/M_16	Non
APOTAB	Apodise un tableau de résultats	APOTTA/M_18	Non
DIGTAB	Digitalise un tableau de résultats	DIGTTA/M_19	Non
PIXTAB	"Pixelise" un tableau de résultats	PIXTTA/M_21	Non
SORFIC	Sauvegarde d'un tableau de résultats dans un fichier externe	ECRTAB/M_11	Non[1]

[1] Cette macro-instruction s'utilise exactement de la même façon que l'instruction >SORFIC décrite dans le **volume 1**.

7. DICTIONNAIRE DES MOTS-CLE

ACRIT1: Ajoute un terme linéaire au critère d'optimisation du programme 97, 100, 103, 112, 115
ACRIT2: Ajoute un terme quadratique au critère d'optimisation du programme97, 100, 104, 105, 112, 115
ADDMEM: Addition de paramètres dans le tableau-mémoire interne.....106
ALISOL: Oriente un nouveau repère pour réfléchir les rayons vers le soleil.....39, 41, 42, 43
ALTAZ: Définit l'ordre des rotations d'un changement de repère.....39, 43, 57
ANCSOL: Retour à un ancien repère dirigé vers le soleil 39, 40, 42
ANNSEC: Place une section de masque annulaire sur une surface 9
APODIA: Introduction d'apodisation en amplitude sur une surface 4, 29, 30, 31, 76, 84
APODIE: Introduction d'apodisation en intensité sur une surface4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 29, 30, 31, 76, 78, 84
APOFDA: Apodisation en amplitude d'un filtre spatial (plan de diffraction) 84
APOFDE: Apodisation en intensité d'un filtre spatial (plan de diffraction).....84
APOFIA: Apodisation en amplitude d'un filtre spatial (plan image) 84
APOFIE: Apodisation en intensité d'un filtre spatial (plan image).....84

CADRE: Place un cadre rectangulaire sur une surface.....12
CCPLAN: Coin de cube fictif (mode séquentiel) 33
CCUBE: Coin de cube (mode non séquentiel) 33
CHEMIN: Définition du chemin d'accès aux fichiers externes.....90, 97, 107, 108
CMALTE: Place un masque en forme de croix de Malte sur une surface.....15
CONFRA: Calcule un contraste interférométrique dans le tableau-mémoire interne.....106, 115
CONTIN: Mode d'arrêt du programme si blocage total.....57, 66
COUPFI: Calcule le coefficient de couplage dans une fibre optique mono-mode 71, 83, 115
CRCUB: Creux de cube (mode non séquentiel) 4, 33
CRIPUI: Elève le critère d'optimisation du programme à une puissance réelle 97, 100, 105

DAMIER: Place un masque en forme de damier sur une surface 16
DEFFIC: Introduction de défauts de surface sur une optique4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 46
DEPHAS: Introduction d'un déphasage achromatique 33, 38
DFRESN: Calcule la carte d'énergie diffractée dans un plan (calcul par double TF) 84, 85, 87, 88, 115

ECLAIR: Calcul d'éclairement par comptage de rayons.....62, 71, 77, 78, 115
ECRAN: Gère les messages à afficher à l'écran et dans le fichier de sortie 67, 70
ECRASE: Mode d'écriture des fichiers externes.....57, 65
ECRIRE: Ecrit des données dans un fichier externe.....89, 92, 93, 94, 95, 106, 112

FILDIF: Définit un filtre spatial dans le plan de diffraction (calcul par double TF).....84, 85, 88
FILIMA: Définit un filtre spatial dans le plan image (calcul par double TF) 84, 85, 87, 88
FINNSQ: Fin d'une zone de tracé de rayon non-séquentiel.....45, 46, 47
FINTRM: Fin d'une zone de trame 50, 51, 52, 53
FLUTOT: Calcul de flux total 62, 71, 79, 115
FORMAT: Format d'écriture de certaines données 68, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 112
FRACOH: Calcul de franges d'interférence (cohérence spatiale).....71, 115
FRAINC: Calcul de franges d'interférence (incohérence spatiale).....71, 115

GUIDE: Guide d'onde (mode non séquentiel) 4, 33, 46, 51, 113

IMPRIM: Ecrit des données dans le fichier de sortie....67, 68, 94, 112
IMPTAB: Impression d'un tableau de résultats 107, 108
INVSOL: Annule un changement de repère lié au soleil....39, 42

LECZMX: Lit un fichier d'entrée ZEMAX 33
LENTIL: Place une lentille mince fictive dans le système optique4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 33, 34, 59, 113
LUMOBJ: Luminance intégrée d'un point objet 62, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82
LUMSOU: Luminance intégrée au centre d'une source étendue 62, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82
LUMSPE: Luminance spectrale d'un point objet 62, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82

MEMPAR: Sauvegarde d'un paramètre dans le tableau-mémoire interne....80, 106
MEMTAB: Sauvegarde d'un tableau de paramètres dans le tableau-mémoire interne 106
MIRHAX: Place un miroir conique décentré dans le système optique4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 33, 37, 46, 51
MULCRI: Multiplie le critère d'optimisation du programme par un scalaire....97, 100, 105

NOUSOL: Passage à un nouveau repère dirigé vers le soleil 39, 40, 42
NPODE: Place une araignée dans le système optique....4, 33, 35, 36

OEIL: Place un double masque annulaire sur une surface 17

PATMOS: Introduction de perturbations de phase atmosphériques....33
PHAFIC: Introduction de défauts de phase sur les rayons4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 31
PIXTAB: Pixelisation d'un tableau de résultats 107, 108
POLYG: Place un masque polygonal sur une surface 13, 51
PSFINC: Calcul de PSF cumulées (incohérence spatiale) 71, 82
PYRAM4: Modélise un miroir pyramidal à 4 faces....6, 33, 36

RAYFIC: Sauvegarde des rayons dans un fichier externe 65, 89, 90, 91, 111
RAYOBJ: Surface apparente circulaire d'un point-objet 71, 72, 73, 75, 82
RECELL: Place un masque rectangulaire elliptique sur une surface 11
RECTAR: Place un masque rectangulaire arrondi sur une surface....8
RECTRO: Place un masque rectangulaire tronqué par un cercle sur une surface....14
REPFLU: Calcul de répartition spatiale de flux 62, 71, 80, 81, 115
REPLUM: Calcul de répartition angulaire de luminance....71

SOLALI: Oriente un nouveau repère pour réfléchir les rayons du soleil vers un point cible.....39, 41, 42
SPEFIC: Ecrit les luminances spectrales dans un fichier externe 71
SUIVRE: Suivi d'un rayon particulier dans le système optique 46, 67, 69

TABMEM: Chargement d'un tableau de paramètres dans le tableau-mémoire interne.....106
TENER: Définit la transmission énergétique d'une surface 71, 76, 113
TRAME: Début d'une zone de trame 8, 11, 13, 15, 16, 50, 51, 52, 53
TRAMP: Définit la transmission en amplitude d'une surface 71, 76
TRANSQ: Début d'une zone de tracé de rayon non-séquentiel 45, 46, 47, 48
TRAPEZ: Place un masque trapézoïdal sur une surface 6
TRIANG: Place un masque triangulaire sur une surface.....10, 32, 46
TROUEL: Place un cadre elliptique sur une surface 7, 12
TYPCOX: Type des coordonnées en X (absolues ou relatives).....57, 60
TYPDEF: Options d'entrée-sortie des fichiers-défaut de surface ou d'onde 21, 25, 26, 27, 57
TYPDIF: Option de calcul des PSF par l'intégrale de Rayleigh-Sommerfeld.....57, 64
TYPFLU: Choix d'unités de calculs photométriques (Watt ou phot/s)..57, 62, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82
TYPMIL: Option de permutation des milieux objet et image des dioptres 57, 61
TYPOIS: Option de calcul du bruit de Poisson.....57, 63
TYPRAY: Mode de recalage des rayons sur le faisceau (réel ou théorique) 57, 58
TYPRRT: Mode d'arrêt des rayons sur un dioptre (réflexion ou réfraction) 57, 60
TYPSFI: Option de calcul des PSF en mode multi-objets/boucle 57, 64
TYPSOP: Option de calcul des PSF (avec ou sans OPD totales).....57, 63
TYPZER: Normalisation des rayons pour le calcul des polynômes de Zernike/Seidel 34, 57, 59

VOIE1: Signale la première des voies multiples du système optique 54, 55, 56, 71
VOIE2: Signale les voies suivantes du système optique.....54, 55, 56, 71

ANNEXE 1. CODE DES TABLEAUX DE CALCULS INTERMEDIAIRES

(à utiliser avec l'instruction RAYFIC)

Le tableau suivant donne les codes en trois lettres à utiliser lors de la création d'un fichier de sortie externe contenant des résultats de calculs intermédiaires (instruction RAYFIC, paramètre C1).

Code	Paramètres	Unité
IRA	Table des numéros des rayons vignetés	sans
IRT	Table des numéros des rayons en réflexion totale	sans
NSP	Table des numéros des premières surfaces optiques rencontrées dans une zone de calcul non-séquentiel	sans
NSD	Table des numéros des dernières surfaces optiques rencontrées dans une zone de calcul non-séquentiel	sans
TRA	Transmissions en amplitude des rayons	sans
TRE	Transmissions énergétiques des rayons	sans
FVU	Facteurs de vue associés aux rayons (pour calculs photométriques)	m^2 x sr
RLU	Luminance des rayons (pour calculs photométriques)	W / (m^2 x sr)
X	Coordonnées en X des points d'impact des rayons	mm
Y	Coordonnées en Y des points d'impact des rayons	mm
Z	Coordonnées en Z des points d'impact des rayons	mm
U	Cosinus directeurs des rayons suivant X	sans
V	Cosinus directeurs des rayons suivant Y	sans
W	Cosinus directeurs des rayons suivant Z	sans
DCO	Différences de marche des rayons par rapport au "chief-ray"	Lambdas
DDY	Aberrations transversales en Y des rayons	mrad
DDZ	Aberrations transversales en Z des rayons	mrad
DX	Différences de coordonnées en X des rayons par rapport au "chief-ray"	mm
DY	Différences de coordonnées en Y des rayons par rapport au "chief-ray"	mm
DZ	Différences de coordonnées en Z des rayons par rapport au "chief-ray"	mm
RO	Distance géométrique parcourue depuis la surface optique précédente	mm

ANNEXE 2. CODE DES PARAMETRES ET RESULTATS ACCESSIBLES A L'UTILISATEUR

On a vu dans les chapitres 3, 5 et 6, qu'un grand nombre de données sont accessibles à l'utilisateur de COSAC, même en cours d'exécution du programme. Ces données sont de deux types:

- Paramètres décrivant le système optique (coordonnées, caractéristiques géométriques, etc... Ils seront désignés par la lettre **P** dans les tableaux qui suivent).
- Résultats numériques calculés par le programme (spot-diagram, OPD, FTM, etc... désignés par la lettre **R** dans ces mêmes tableaux).

Plus précisément, il y a trois manières différentes d'utiliser ces données d'entrée ou de sortie:

1) Paramètres et résultats peuvent être simplement écrits au gré de l'utilisateur (et sous le format qui lui convient, voir l'instruction FORMAT) à l'intérieur du fichier ***.out*** (instruction IMPRIM, § 3), ou dans un autre fichier externe construit au fil de l'exécution du programme (instruction ECRIRE, § 5.2).
2) En utilisant les macro-instructions COSAC (§ 6), on peut également faire varier les paramètres du système optique de manière à réaliser des exécutions en boucle (macro-instruction BOUCLE), ou en suivant une procédure d'optimisation d'un critère en fonction de ces paramètres (instruction OPTVAR). Ceci ne s'applique qu'aux paramètres du système optique (de type **P**) et non pas aux résultats de calcul.
3) On peut enfin combiner plusieurs résultats de calcul afin de définir le critère utilisé en mode optimisation (instructions ACRIT1 et ACRIT2, § 6.2). Ceci ne s'applique qu'aux résultats de type **R**.

Dans les trois cas, il est nécessaire, à un moment donné de l'exécution du programme, de recopier ou de modifier certains paramètres du système et/ou résultats de calcul. La syntaxe à suivre afin de définir les données sur lesquelles on souhaite agir est décrite dans les tableaux suivants: il s'agît toujours d'une série de 1, 2 ou 3 caractères alphanumériques en MAJUSCULES, éventuellement suivies d'un ou deux entiers positifs associés. Les entiers sont isolés par des parenthèses (pas de blancs entre la dernière majuscule et la parenthèse ouvrante, pas de blancs entre le dernier chiffre entier et la parenthèse fermante. Dans le cas de deux entiers associés, ceux-ci seront séparés par une virgule, sans blancs avant ou après la séparation).

Dans les tableaux des pages suivantes, les entiers associés aux chaînes de caractères ont été notés N1, N2, N3, etc... car ils n'ont pas tous la même signification d'un code alphanumérique à l'autre. Les valeurs utiles de N1, N2, N3, etc... sont données à la suite des tableaux.

PARAMETRES ou RESULTATS	TYPE	SYNTAXE	VOIR MOTS-CLE
Longueur d'onde du rayonnement Nombre d'onde du rayonnement	P	LO NO	LAMBDA SIGMA
Nombre de rayons lancés dans la pupille suivant l'axe Y Nombre de rayons lancés dans la pupille suivant l'axe Z	P	M N	GRILLE
Coordonnée en X de la surface optique Coordonnée en Y de la surface optique Coordonnée en Z de la surface optique	P/R[1]	EX(N1) EY(N1) EZ(N1)	Toute surface optique
Facteur d'échelle des coordonnées de la surface	P/R[1]	EP(N1)	OBJET, IMAGE, REFOC…
Rotation autour de Z de l'axe optique de la surface Rotation autour de Y de l'axe optique de la surface Rotation autour de X de l'axe optique de la surface	P	EA(N1) EH(N1) ET(N1)	Toute surface optique
Rayon de courbure de la surface optique, ou Distance focale d'une lentille fictive	P	ER(N1)	MIROIR, DIOPTR ou LENTIL
Coefficient d'asphérisation de la surface optique	P	EE(N1)	MIROIR et DIOPTR
Indice du milieu suivant la surface optique	P	EN(N1)	PUPILL, DIOPTR et LENTIL
Décentrement d'un masque suivant Y Décentrement d'un masque suivant Z	P	EMY EMZ	MASQUE
Paramètres des masques de la surface optique Premier paramètre d'un masque Deuxième paramètre d'un masque Troisième paramètre d'un masque Quatrième paramètre d'un masque Cinquième paramètre d'un masque	P	 EM1(N1) EM2(N1) EM3(N1) EM4(N1) EM5(N1)	 Tout mot-clé "masque": RECTAN, CERCLE…
Paramètres supplémentaires associés aux surfaces[2] Premier paramètre supplémentaire Deuxième paramètre supplémentaire Troisième paramètre supplémentaire Quatrième paramètre supplémentaire Cinquième paramètre supplémentaire Sixième paramètre supplémentaire	P	 ES1(N1) ES2(N1) ES3(N1) ES4(N1) ES5(N1) ES6(N1)	 ASPHER, GUIDE…
Paramètres complémentaires des surfaces [3] Premier paramètre complémentaire Deuxième paramètre complémentaire Troisième paramètre complémentaire Quatrième paramètre complémentaire	P	 EC1(N1) EC2(N1) EC3(N1) EC4(N1)	 RESEAU
Transmission énergétique de la surface optique	P	TRS(N1)	TENER
Coordonnée réduite en Y d'un rayon sur la pupille d'entrée Coordonnée réduite en Z d'un rayon sur la pupille d'entrée	P	YR(N2) ZR(N2)	Toute définition du maillage de la pupille
Coordonnée réduite en Y d'un rayon sur le faisceau réel Coordonnée réduite en Z d'un rayon sur le faisceau réel	R	YS(N2) ZS(N2)	OUVNUM ou RAYPUP

[1] Ces paramètres peuvent également être des résultats de calcul dans le cas des refocalisations automatiques.

[2] Asphérisations, reliefs des surfaces…

[3] "Propriétés spéciales": aujourd'hui, ces paramètres ne sont utilisés que par l'instruction RESEAU.

PARAMETRES ou RESULTATS	TYPE	SYNTAXE	VOIR MOTS-CLE
Coordonnée réduite en Y d'un rayon sur le faisceau réel Coordonnée réduite en Z d'un rayon sur le faisceau réel	R	YS(N2) ZS(N2)	OUVNUM ou RAYPUP
Nombre de rayons passants Taux de blocage des rayons	R	NR TB	BLOCAG
Numéro de la surface bloquante d'un rayon	R	IRA(N3)	BLOCAG ou REFTOT
Coordonnée en X du point d'impact d'un rayon Coordonnée en Y du point d'impact d'un rayon Coordonnée en Z du point d'impact d'un rayon	R	X(N3) Y(N3) Z(N3)	Toute surface optique
Cosinus directeur suivant X d'un rayon Cosinus directeur suivant Y d'un rayon Cosinus directeur suivant Z d'un rayon	R	U(N3) V(N3) W(N3)	Toute surface optique
Angles d'ouverture du faisceau	R	ONU(N4)	OUVNUM
Rayons utiles du faisceau	R	RP(N5)	RAYPUP
Coordonnée en Y du centroïde du spot-diagram Coordonnée en Z du centroïde du spot-diagram Rayons quadratiques et maximum du spot-diagram	R	YC ZC SPO(N6)	SPODIA
Ecart Pic-Vallée de la surface d'onde Ecart RMS de la surface d'onde Différence de marche d'un rayon (OPD)	R	PV RMS DCO(N3)	DIFMAR
Coefficients de Zernike de la surface d'onde	R	ZER(N7)	ZERNIK
Coefficients de Seidel de la surface d'onde Aberrations de Seidel (amplitudes) Aberrations de Seidel (angles polaires)	R	SEI(N7) S3A(N8) S3T(N8)	SEIDEL
Ecart Pic-Vallée des aberrations transversales en Y Ecart RMS des aberrations transversales en Y Ecart Pic-Vallée des aberrations transversales en Z Ecart RMS des aberrations transversales en Z Aberration transversale en Y d'un rayon[1] Aberration transversale en Z d'un rayon[2]	R	PVY RMY PVZ RMZ DDY(N3) DDZ(N3)	PENTES
Transmission en amplitude d'un rayon Transmission énergétique d'un rayon	R	TRA(N3) TRE(N3)	TRANSM TRANSE
Valeur du tableau PSF en un point (module au carré) Valeur du tableau PSF en un point (partie réelle) Valeur du tableau PSF en un point (partie imaginaire) Valeur du tableau PSF en un point (phase) Rapport de Strehl réel	R	PSF(N9,N10) PSR(N9,N10) PSI(N9,N10) PSP(N9,N10) STR	REPIMP ou REPFFT
Valeur du tableau des énergies de la PSF contenues dans une zone	R	ENE(N11)	ENERGI
Valeur du tableau FTM en un point (module) Valeur du tableau FTM en un point (partie réelle) Valeur du tableau FTM en un point (partie imaginaire) Valeur du tableau FTM en un point (phase)	R	FTM(N9,N10) FTR(N9,N10) FTI(N9,N10) FTP(N9,N10)	FTMTAB ou FTMFFT

[1] Ou pente de la surface d'onde suivant Y…

[2] …Et réciproquement suivant Z

PARAMETRES ou RESULTATS	TYPE	SYNTAXE	VOIR MOTS-CLE
Dernière FTM calculée (module) Dernière FTM calculée (partie réelle) Dernière FTM calculée (partie imaginaire)	R	FTM FTR FTI	FTMFRQ ou FRQFFT
Dernière FTC calculée	R	FTC	FFTFTC
Valeur du tableau des amplitudes diffractées en un point: Module au carré Partie réelle Partie imaginaire Phase	R	 DIF(N9,N10) DFR(N9,N10) DFI(N9,N10) DFP(N9,N10)	DFRESN
Facteur de vue associé à un rayon Luminance d'un rayon Coordonnée Y du centroïde des répartitions d'éclairement Coordonnée Z du centroïde des répartitions d'éclairement Valeur du tableau de l'éclairement en un point	R	FVU(N3) RLU(N3) YEC ZEC ECL(N9,N10)	ECLAIR
Valeur des bruits de détection en un point Rapport signal/bruit en un point	R	BRU(N9,N10) RBS(N9,N10)	BRUITS
Flux total collecté Valeur courante de la répartition spatiale de flux	R	FLT RFL	FLUTOT REPFLU
Franges d'interférence (en mode interférometrique): Module au carré Partie réelle Partie imaginaire Contraste des franges Flux total collecté	R	 FRA(N9,N10) FRR(N9,N10) FRI(N9,N10) CON FLI	FRAINC ou FRACOH
Transformée de Fourier d'un tableau de sortie en un point: Module au carré Partie réelle Partie imaginaire Phase	R	 TFM(N9,N10) TFR(N9,N10) TFI(N9,N10) TFP(N9,N10)	TFTAB
Contraste interférométrique des surfaces d'onde contenues dans le tableau-mémoire interne (module, partie réelle, partie imaginaire)	R	CIM CIR CII	CONFRA
Coefficient de couplage dans une fibre optique mono-mode (partie réelle, partie imaginaire, module et phase)	R	CFR, CFI, CFM, CFP	COUPFI
Valeur courante du critère d'optimisation	R	CRI	ACRIT1, ACRIT2…

Significations des indices N1 N2, N3, etc...

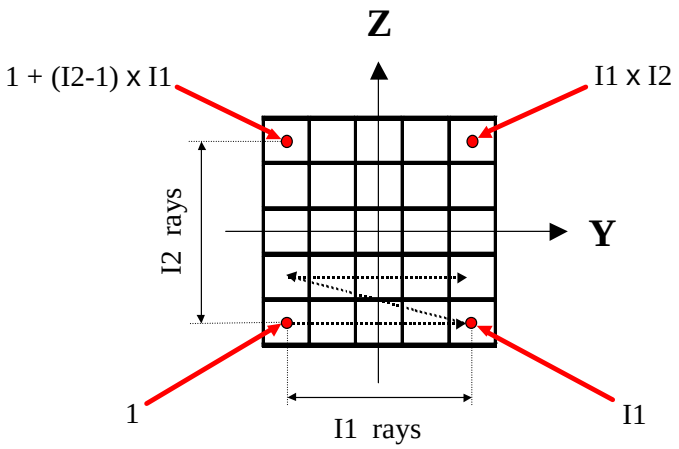
N1 (numéro de surface optique)

N1 est le numéro de la surface optique (au sens large, c'est-à-dire en incluant les refocalisations et changements de repère) dont on souhaite connaître ou modifier les paramètres: c'est le même numéro que COSAC fait apparaître dans le fichier ***.out*** au moyen de l'instruction SYSTEM (voir **Mode d'emploi détaillé, vol. 1**, § 5.1).

N2 (numéro du rayon dans le maillage pupille)

N2 est le numéro associé au rayon considéré dans le maillage COSAC. La numérotation des rayons est une opération effectuée automatiquement par le programme, et peu évidente pour l'utilisateur. Lorsque celui-ci désire agir sur les paramètres d'un rayon particulier, il est nécessaire de retrouver ce numéro N2, qui dépend évidemment du maillage choisi sur la pupille (GRILLE, POLAIR, HEXAG, ou RAYON, voir **vol. 1**, § 3.1).

1) Dans le cas où le découpage pupille est rectangulaire (mot-clé GRILLE), la numérotation des rayons est effectuée conformément au schéma ci-dessous.



Si le découpage comporte I1 colonnes suivant Y et I2 lignes suivant Z (il s'agît en fait des paramètres associés à GRILLE), et que l'utilisateur s'intéresse au rayon de coordonnées (M,N) dans le maillage pupille, le numéro N2 s'obtient par la relation :

$$N2 = M + (N-1)\, I1$$

2) Dans le cas où le découpage pupille est circulaire (mot-clé POLAIR), COSAC élimine automatiquement certains rayons au voisinage du centre de la pupille, de manière à conserver une distribution homogène. On ne peut plus alors établir une loi analytique simple pour la répartition des rayons, et la seule solution pour trouver N2 reste l'usage de RAYONS (voir plus bas). Il en est de même pour le maillage hexagonal (mot-clé HEXAG).

3) Enfin, dans le cas où le découpage pupille a été fixé par l'utilisateur lui-même (mot-clé RAYON), la numérotation des rayons suit l'ordre dans lequel les instructions RAYON ont été lues dans le fichier ***.dat***, et il ne devrait pas y avoir de difficultés pour retrouver le numéro N2.

ASTUCE VALABLE DANS TOUS LES CAS

On peut placer une instruction RAYONS (voir **vol. 1**, § 5) dans le fichier ***.dat***, puis, à partir de la table des coordonnées réduites de tous les rayons affichée dans le fichier ***.out***, retrouver le numéro N2 du rayon cherché (dans ce cas il est souhaitable de ne pas placer un trop grand nombre de rayons dans la pupille).

N3 (numéro "absolu" du rayon)

N3 comptabilise tous les rayons tracés par COSAC, c'est-à-dire les N2 rayons du maillage pupille (voir plus haut), auxquels s'ajoutent les 5 rayons de référence (voir **vol. 1**, § 3.1). N3 se déduit donc très simplement de N2:

$$N3 = N2 + 5$$

N4 (indice dans le tableau des angles d'ouverture du faisceau)

Cet indice est lié à l'instruction OUVNUM (voir **vol. 1**, § 5), dont le résultat est un tableau de 4 chiffres:

- ONU(1) est la demi-ouverture angulaire suivant l'axe Y
- ONU(2) est la demi-ouverture angulaire suivant l'axe Z
- ONU(3) est la demi-ouverture angulaire maximale
- ONU(4) est la moyenne des deux premières

N5 (indice dans le tableau des rayons utiles du faisceau)

Cet indice est lié à l'instruction RAYPUP (voir **vol. 1**, § 5), dont le résultat est un tableau de 4 chiffres:

- RP(1) est le rayon utile du faisceau suivant l'axe Y
- RP(2) est le rayon utile du faisceau suivant l'axe Z
- RP(3) est le rayon utile maximal du faisceau
- RP(4) est la moyenne des deux premiers

N6 (indice dans le tableau des résultats de calcul – Spot-diagram)

Cet indice est lié à l'instruction SPODIA (voir **vol. 1**, § 5), dont le résultat est un tableau de 6 chiffres:

- SPO(1) est le rayon quadratique du spot-diagram suivant l'axe Y
- SPO(2) est le rayon quadratique du spot-diagram suivant l'axe Z
- SPO(3) est le rayon quadratique moyen du spot-diagram
- SPO(4) est le rayon maximal du spot-diagram suivant l'axe Y
- SPO(5) est le rayon maximal du spot-diagram suivant l'axe Z
- SPO(6) est le rayon maximal du spot-diagram (suivant toutes les directions)

N7 (indice dans le tableau des coefficients d'aberration – Zernike et Seidel)

Cet indice est lié aux instructions ZERNIK et SEIDEL (voir **vol. 1**, § 5), dont le principal résultat est un tableau de 16 chiffres. Les valeurs de N7 correspondent aux aberrations géométriques suivantes:

VALEUR de N7	ABERRATION GEOMETRIQUE
1	Piston
2	Tilt Y
3	Tilt Z
4	Défocus
5	Astigmatisme 0 deg.
6	Astigmatisme 45 deg.
7	Coma 3ème ordre Y
8	Coma 3ème ordre Z
9	Aberration sphérique 3ème ordre
10	Trèfle 0 deg.
11	Trèfle 30 deg.
12	Papillon 0 deg.
13	Papillon 45 deg.
14	Coma 5ème ordre Y
15	Coma 5ème ordre Z
16	Aberration sphérique 5ème ordre

N8 (indice dans le tableau des coefficients de Seidel du 3ème ordre)

Cet indice est lié à l'instruction SEIDEL (voir **vol. 1**, § 5), dont les résultats complémentaires sont deux tableaux de 5 chiffres qui représentent les coefficients de Seidel du 3ème ordre en coordonnées polaires. Les valeurs de N8 correspondent aux aberrations géométriques suivantes:

VALEUR de N8	ABERRATION GEOMETRIQUE	AMPLITUDE	ANGLE POLAIRE
1	Tilt	S3A(1)	S3T(1)
2	Défocus	S3A(2)	S3T(2) – sans signification
3	Astigmatisme	S3A(3)	S3T(3)
4	Coma	S3A(4)	S3T(4)
5	Aberration sphérique	S3A(5)	S3T(5) – sans signification

N9 et N10 (indices dans les tableaux des résultats de calcul)

Ces indices sont liés à divers tableaux de résultats de calcul effectués par COSAC, telles les réponses impulsionnelles, les FTMs, etc… (voir par exemple les instructions REPIMP, REPFFT, FTMTAB ou FTMFFT dans le **vol. 1**, § 5). Ce sont toujours des tableaux à 2 dimensions I1 et I2 (qui sont elles-mêmes associées à ces mots-clé). N9 doit impérativement être compris entre 1 et I1, et N10 entre 1 et I2. Ainsi, ils désignent l'élément choisi dans le tableau.

N11 (indices dans le tableau des énergies encerclées)

Cet indice est lié à l'instruction ENERGI (voir **vol. 1**, § 5), dont le principal résultat est un tableau de I2 valeurs contenant les pourcentages d'énergie contenues dans une famille d'ellipses ou de rectangles (leurs dimensions vont en augmentant, et I2 en est le nombre total). N11 doit être impérativement compris entre 1 et I2, et désigne le numéro du contour choisi (elliptique ou rectangulaire).

Précautions d'emploi (erreurs de syntaxe ou d'indices…)

Vu la complexité des conventions adoptées pour sélectionner les données (en particulier pour ce qui concerne les indices associés aux codes alphanumériques), il semble inévitable que des erreurs de syntaxe ou de frappe soient parfois commises par l'utilisateur. Dans ce cas, il faut savoir que:

1) COSAC reconnaît toute erreur de syntaxe sur les codes alphanumériques et en avertit l'utilisateur

2) Pour tous les paramètres du système, COSAC peut, dans une certaine mesure, repérer des erreurs d'indice et en avertir l'utilisateur. Exemples: on dépasse les dimensions maximales d'un tableau, on sélectionne le rayon de courbure d'une surface qui n'en possède pas – un PLAN, un changement de repère…

3) Par contre, le logiciel éprouvera plus de difficultés à reconnaître des erreurs au sein des résultats numériques. Mais COSAC initialise systématiquement tous ses résultats de calcul à zéro, de sorte que certaines erreurs peuvent être découvertes assez rapidement. Exemple: l'utilisateur emploie la procédure d'optimisation de COSAC pour déterminer le plan de meilleure FTM d'une combinaison optique. Hélas, il a oublié (dans un moment d'égarement) de faire figurer les instructions de calcul de FTM dans le fichier ***.dat***. Il ne devrait pas tarder à s'apercevoir que les FTMs restent toujours nulles en sortie…

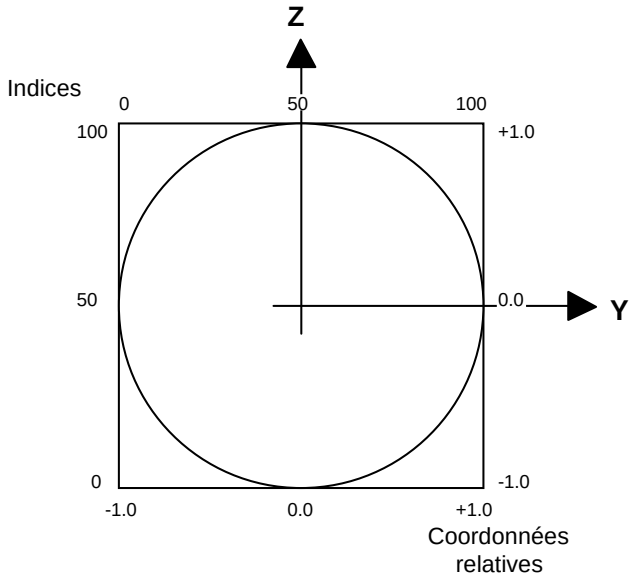
ANNEXE 3. DESCRIPTION DES FICHIERS WISP 1 *.opd*

Suivant la formule consacrée, “il est conseillé de se reporter au manuel WISP 1”. Comme vous ne le trouverez pas, voici un résumé des propriétés de ces fichiers.

1) Les fichiers ***.opd*** peuvent être mis sous format ASCII ou “binaire PC”. Seuls les fichiers ASCII sont lisibles par COSAC. L’utilitaire de conversion fourni avec WISP 1 est probablement introuvable aujourd’hui.

2) Ce sont en principe des fichiers 100 x 100, mais qui présentent les particularités suivantes (voir schéma ci-dessous):

   - Les colonnes et rangées d’indices 0 (non présentes dans le fichier) et 100 (présentes dans le fichier) sont considérées comme le cadre de la carte des défauts contenue dans le fichier. On n’y trouve en fait aucune donnée utile
   - Par suite, le maillage utile de WISP 1 est en fait 99 x 99
   - Le centre du maillage (qui se trouve sur l’axe optique) est situé au point (50,50) du fichier ***.opd***
   - Le rayon de la zone contenant les données est strictement inférieur à 50 (en nombre de points).



3) Ces fichiers présentent le plus souvent, pour diverses raisons (différence entre pupille circulaire et cadre rectangulaire, obturation centrale, vignettage, araignée...) des zones où les rayons ne sont pas définis. Ceci se traduit par un chiffre particulier (32767) aux points concernés. Tout rayon tracé arrivant sur une telle zone sera arrêté.

Description du format

On a reproduit ci-dessous le début d'un fichier ASCII ***.opd***.

```
WISP [Ver. 3.22]
None                 16:05:43 11-17-92
 632.80
   1.00
 317.00
   3.15
   0.00000   0.00000
   0.00000   0.00000
   0.00000   0.00000
   0.00000   0.00000
   0.00
   1
  14
1024
  37
     0.000     0.000
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
  32767  32767   -195   -191   -194   -186   -181   -182   -188   -195
   -197   -193   -181   -164   -144   -128  32767  32767  32767  32767
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767  32767
```

On trouve tout d'abord une ligne d'en-tête, puis les titre, heure, et date sur la deuxième ligne, ensuite la longueur d'onde de référence en nm sur la ligne 3 et le facteur multiplicatif WISP 1 sur la ligne 4. Les lignes 5 à 16 n'ont pas d'influence sur l'interprétation du fichier par COSAC. On trouve enfin, à partir de la ligne 17, les valeurs des défauts optiques point par point, couvrant un maillage 100 x 100. La valeur numérique 32767 indique que la surface optique n'est pas définie au point considéré.

Bien entendu, les valeurs numériques reproduites ci-dessus ne sont données que pour l'exemple. L'utilisateur peut modifier directement le facteur d'échelle du fichier WISP 1 en jouant sur la ligne 4, ou éventuellement sur la ligne 3 (de manière indirecte en introduisant une fausse longueur d'onde de référence).

ANNEXE 4. FICHE DE MOT-CLE COSAC (MODELE)

MOT-CLE

Sous-programme
Numéro

ROLE

SYNTAXE >

PARAMETRES

EXEMPLE >

EMPLACEMENT

PARTICULARITES